

Helsingin yliopisto

Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta

Taloustieteen laitos

Miikka Ville-Artturi Berger

Tekniset työelämätaidot vuonna 2030

Elintarvike-ekonomia

Pro gradu

Helsinki 2019

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos/Institution– Department	
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Taloustieteen laitos	
Tekijä/Författare – Author			
Miikka Ville-Artturi Berger			
Työn nimi / Arbetets titel – Title			
Tekniset työelämätaidot vuonna 2030			
Oppiaine / Läroämne – Subject			
Elintarvike-ekonomia			
Työn laji/Arbetets art – Level	Aika/Datum – Month and year	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages	
Pro Gradu -tutkielma	22.4.2019	99	
<h2>Tiivistelmä/Referat – Abstract</h2> <p>Työnteko on murroksessa neljännen teollisen vallankumouksen alkaessa. Määrällisiä tutkimuksia muuttuvista työelämätaidoista on tehty paljon, mutta laadullisesta näkökulmasta tutkimuksia ei ole tarpeeksi. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, minkälaista teknistä osaamista teknologiayritykset tarvitsevat eniten tulevaisuudessa vuonna 2030. Tämän lisäksi tutkittiin sitä, minkälaiset tekniset ammatit ovat automatisoitavissa ja minkälaisia teknisiä työtehtäviä teknologiayrityksissä ylipäätään tehdään tulevaisuudessa.</p> <p>Tutkimusta lähestyttiin resurssiperusteisen teorian näkökulmasta, eli teknistä osaamista tarkasteltiin resurssina. Tutkimus oli laadullinen tulevaisuustutkimus ja tutkimusmenetelmänä käytettiin teemahaastattelua. Tutkimuksessa haastateltiin viittä nopeimmin kasvavien teknologiayritysten johtotason henkilöä. Haastattelujen apuna käytettiin tutkimuksen viitekehyksenä toiminutta tulevaisuustutkimuksen työkalua Future Signals Sense-making Framework -arviointimatriisia. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys rakentui muiden aiheeseen liittyvien tutkimusten perusteella, joiden johtopäätöksiä oli, että digitalisaatio ja automaatio tulee muokkaamaan tulevaisuuden työntekoa radikaalisti. Aihetta tarkasteltiin siis erityisesti digitalisaation ja automaation näkökulmasta.</p> <p>Tämän tutkimuksen perusteella digitalisaatio ja automaatio eivät tule lähitulevaisuudessa vähentämään ihmisten tarvetta teknisissä työtehtävissä, vaikka ne muokkaavat tehtävänkuvia radikaalisti. Tulevaisuudessa tekniset työntekijät keskittyvät työssään uuden luomiseen. Luovaan ja innovatiiviseen työskentelyyn keskittyminen tarkoittaa ihmisten tekemien teknisten työtehtävien tehostumista, eli samalla panoksella saadaan entistä isompi tuottavuus jatkossa. Työtehtävät pirstaloituvat ja muuttuvat entistä heterogeenisemmiksi. Työtehtävät siirtyvät samalla lähemmäksi asiakasrajapintaa ja liiketoimintaa, jolloin inhimilliset taidot, kuten sosiaalinen ja luova älykkyys sekä havainnointi- ja käsittelykyky korostuvat.</p> <p>Digitalisaation ja automaation kehitys näyttää kuitenkin kiihtyvän niin voimakkaasti, että yksittäisiä tulevaisuudessa tarvittavia taitoja ei pystytä ennustamaan – eikä niiden ennustaminen ole välttämättä järkevää muutosnopeuden takia. Sen sijaan, että yritysten kannattaisi hankkia yksittäisiä teknisiä taitoresursseja, niiden kannattaa keskittyä etsimään ja hankkimaan tietynlaisia ihmistyyppisiä. Tällaiset ihmiset ovat sopeutuvia, heterogeenisiä taitoja (kuten sosiaalinen ja luova älykkyys sekä havainnointi- ja käsittelykyky) omaavia henkilöitä, jotka ovat kykeneväisiä hyödyntämään uusia digitaalisia teknologioita.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Digitalisaatio, Automaatio, Tekniset taidot, Tulevaisuus, Tulevaisuuden työelämä			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Taloustieteen laitos			

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	4
1.1 Teoreettinen tausta	5
1.1.1 Digitalisaatio ja automaatio.....	6
1.1.2 Resurssipohjainen teoria	7
1.2 Tutkimusongelma ja -kysymykset.....	10
1.3 Tutkimuksen keskeiset käsitteet.....	11
2 Miten teknologian kehitys vaikuttaa osaamistarpeisiin.....	15
2.1. Teolliset vallankumoukset	15
2.2 Teknologia kehittyy eksponentiaalista vauhtia	18
2.3 Automatisoitavissa olevat työtehtävät ja työmarkkinoiden polarisaatio	19
2.3.1 Autorin ym. (2003) selitys työmarkkinoiden polarisaatioon	21
2.3.2 Freyn & Osbornen (2013) selitys työmarkkinoiden polarisaatiosta	24
3 FSSF-arviointimatriisi apuna tulevaisuuden teknisten taitojen tunnistamisessa	28
3.1 Heikot signaalit (A)	29
3.2 Draiverit (B)	29
3.3 Suuret kehitystrendit (C).....	30
3.3.1 Hidastavat tekijät (C5)	30
3.3.2 Suuret kehitystrendit (C6)	32
4 Tutkimuksen viitekehys.....	37
5 Aineisto ja tutkimusmenetelmät.....	39
5.1 Kvalitatiivinen tulevaisuustutkimus	39
5.3 Aineiston kerääminen teemahaastatteluilla.....	41
5.4 Aineiston analysointi	44
5.5 Menetelmien luotettavuus valittuun aiheeseen	46
6 Tutkimuksen tulokset	50
6.1 Teema 1 - Digitalisaation ja automaation vaikutus teknisiin työtehtäviin.....	51
6.2 Teema 2 – Automaation pullonkaulat.....	65
6.3 Teema 3 – Draiverit.....	70
6.4 Teema 4 – Heikot signaalit	71
6.5 Teema 5 – tulevaisuuden tekninen osaamistarve	74
7 Yhteenveto ja johtopäätökset.....	82
Lähdeluettelo	89

1 Johdanto

Maailma muuttuu kiihtyvällä vauhdilla. Lause on kliseinen, mutta kuvaa totuudenmukaisesti nykyhetkeä. Helsingin Sanomien tulevaisuuskirjeenvaihtaja Erkki Aittokoski (HS, 5.12.2017) kuvasi ilmiötä osuvasti: ”Jos 1950-luvulla elänyt suomalainen olisi yhtäkkiä siirretty aikakoneella 1980-luvulle, hän olisi todennäköisesti ollut melko pian sinut ympäristönsä kanssa. Jos 1980-luvun suomalainen siirrettäisiin vuoteen 2017, muutos olisi käsittämättömän vinha. Hän olisi täysin pihalla, koska olisi siirtynyt kiihtyvän murroksen aikaan”. Myös Brynjolfssonin & McAfeen (2014) mukaan elämme parhaillaan kiihtyvän murroksen aikaa, jossa myös teknologinen kehitys on nopeampaa kuin koskaan aikaisemmin.

Kiihtyvä teknologian kehitys tarkoittaa väistämättä myös työnteon murrosta. Sitran (2016) mukaan automaatio, robotisaatio, tekoäly ja muut digitaaliset teknologiat ovat megatrendejä, jotka muokkaavat työntekoa radikaalisti nyt ja tulevaisuudessa. Teknologinen kehitys vaikuttaa konkreettisimmin työelämän murrokseen, vanhojen ammattien katoamiseen ja toisaalta uusien ammattien syntymiseen. Mikäli teknologinen muutos siis hävittää vanhoja työtehtäviä, niin kolikon toisella puolella uusia työtehtäviä syntyy. Esimerkiksi tukkimies on jo harvinainen tehtävänimike, mutta toisaalta kuka olisi arvannut 20 vuotta sitten, että nykyään ohjelmistorobotiikan asiantuntijat ovat kovassa huudossa?

Teknologian kehittyessä ja ammattien muuttuessa myös yritysten osaamistarve muuttuu. Kehitys aiheuttaa tarpeen kokonaan uusille taidoille, mutta toisaalta se tekee myös joistain aikaisemmin tärkeistä taidoista hyödyttömiä. Samalla se muuttaa nykyisin tarvittavia taitojen yhdistelmiä luoden uusia hybridiammatteja osaamisvajeen seurauksena. Tulevaisuuden työelämän osaamistarpeita on kuitenkin vaikea ennakoida, sillä muuttuvia tekijöitä on paljon ja muutos on nopeaa sekä epävakaata. Tulevan ennustamisen haasteista huolimatta yritysten ja laajemmassa kuvassa myös maailmantalouden kannalta on tärkeää ennakoida, minkälaista osaamista tulevaisuudessa tarvitaan. (Cedefop 2009.)

Teknologian kehitys on mahdollistanut useita positiivisia asioita työelämässä, kuten tuottavampia ja turvallisempia työtehtäviä. Positiivisten asioiden lisäksi kehitys on tuonut mukanaan myös pelkoja niin sanottua teknologista työttömyyttä kohtaan, mikä tarkoittaa ihmistyön korvaamista erilaisilla teknologioilla (Mokyr, Vickers & Ziebarth 2015). Nämä pelot eivät kuitenkaan ole käyneet toteen ainakaan 1800- ja 1900-luvuilla teknologian kehittyessä teollisten vallankumousten myötä, kun uusia työtehtäviä ja ammatteja on syntynyt sitä mukaan, kun niitä on hävinnyt (Arntz, Gregory & Zierahn 2016). Pelot työpaikkojen puolesta ovat kuitenkin jälleen nousseet pintaan, kun etenkin digitalisaatio ja automaatio on alkanut muokkaamaan työelämää

radikaalisti. Erona aikaisempiin teknologian harppauksiin on se, että nykyisessä teknisessä vallankumouksessa automaatiolla ja digitalisaatiolla pystytään yhä enenevässä määrin korvaamaan sellaisia tehtäviä, jotka ovat aiemmin olleet puhtaasti ihmisten tekemiä. Näitä ovat esimerkiksi sellaiset tehtävät, joissa vaaditaan päättelykykyä, erilaisia ihmisaisteja ja päätöksentekokykyä. Esimerkiksi Oxford Martin Schoolin tutkijat Carl Frey ja Michael Osborne (2013) ennustavat jopa 47% työpaikoista katoavan Yhdysvalloissa seuraavan parinkymmenen vuoden aikana automaation ja digitalisaation seurauksena. Vastaavasti Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen ETLA:n (2014) tutkimuksen mukaan joka kolmas suomalainen työpaikka on uhattuna automaation seurauksena seuraavan 20 vuoden aikana. Autorin, Levyn & Murnanen (2003) sekä Freyn & Osbornen (2013) tutkimusten mukaan etenkin rutiinimaiset työtehtävät ovat vaarassa, kun esimerkiksi robotit pystyvät automatisoimaan työntekoa. Samalla tekoäly uhkaa muovata työntekoa vielä radikaalimmin, kun se pystyy suoriutumaan jatkuvasti haastavimmista ei-rutiininomaisista tehtävistä. Myös teknologian halpeneminen vauhdittaa muutosta.

Tässä tutkimuksessa pyritään aikaisempia tutkimuksia sekä tulevaisuustutkimuksen menetelmiä hyödyntäen selvittämään, miten digitalisaatio ja automaatio tulevat muokkaamaan tulevaisuuden työntekoa ja ammatteja lähitulevaisuudessa. Sen lisäksi pyritään ennustamaan, minkälaista teknistä osaamista yritykset tarvitsevat tulevaisuudessa vuonna 2030.

1.1 Teoreettinen tausta

2000-luvulla merkittäviä tutkimuksia digitalisaation ja automaation vaikutuksista työtehtäviin ovat tehneet muun muassa Autor ym. (2003) sekä Frey & Osborne (2013). Siinä missä Autor ym. (2003) tutkivat digitalisaation ja automaation vaikutuksia rutiininomaisiin työtehtäviin, Frey & Osborne (2013) yrittivät selvittää, miten koneiden kyky automatisoida ihmisten tekemiä työtehtäviä vaikuttaa laaja-alaisemmin tulevaisuuden työhön.

Työtehtävien ja ammattien muutosta selitetään usein kirjallisuudessa (ks. Autor, Dorn & Hansen 2016; Eichhorst & Tobsch 2015; Eichhorst & Spermann 2016) neljän tekijän kautta: teknologinen kehitys, globalisaatio, joustavuus ja sääntelyn purkaminen sekä virtuaalisia markkinoita ja uusia palveluita luovien uusien internetin alustojen syntyminen. Samoin kuin Autorin ym. (2003) ja Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksissa, tässäkin tutkimuksessa työn ja osaamistarpeen muutosta tarkastellaan teknologisen kehityksen kautta, jossa erityisesti digitalisaatio ja automaatio ovat merkittäviä tekijöitä. Osaamistarpeita tarkastellaan resurssipohjaisen teorian (Resource-Based Theory, RBT) näkökulmasta.

1.1.1 Digitalisaatio ja automaatio

Sipilä & Vehviläinen (2015) kuvaavat digitalisaatiota yritysten toimintatapojen uudistamiseksi sekä prosessien digitalisoimiseksi ja automatisoimiseksi. Digitalisaatiota voidaan tarkastella joko mikro- tai makrotasolla. Mikrotasolla digitalisaatiota kuvaa esimerkiksi se, miten se muuttaa strategioita, ansaintamekanismeja, tuotteita ja palveluita, osaamista tai esimerkiksi toimintamalleja. Makrotasolla digitalisaatio tarkoittaa esimerkiksi talouden rakenteiden, yhteiskunnan, markkinoiden dynamiikan ja ihmisten käyttäytymismallien muuttumista. Yritykset pyrkivät uudistamaan digitalisaatiolla strategiaansa sekä liiketoimintamallejaan, ja se koskettaa yrityksen kaikkia tasoja ja toimintoja. Digitalisaatio synnyttää myös uudenlaisia osaamistarpeita, kun yrityksen muokkaavat toimintamalleja samalla etsien digitaalisen alan osaajia ja irtisanoen nykyisiä työntekijöitä, joilla ei ole kompetenssia hyödyntää digitalisaatiota. (Ilmarinen & Koskela 2015, 18–19.) Tässä tutkimuksessa digitalisaatiota ja automaatiota tarkastellaan osaamistarpeen muutoksen näkökulmasta, eli tutkimus toteutetaan mikrotasolla. Vastaavia mikrotasolla toteutettuja tutkimuksia ovat tehneet muun muassa Autor ym. (2003) sekä Frey & Osborne (2013), joiden tutkimukset on kuvattu alempana.

Autor ym. (2003) ovat tehneet tutkimuksessaan mallin, joka kuvaa, kuinka työtehtävät ovat muuttuneet teknologian kehittyessä. Heidän mukaansa erityisesti rutiininomaiset ihmisten tekemät työtehtävät ovat automatisoinnille alttiita. Tällaisia tehtäviä voivat olla manuaaliset, vuorovaikutusta vaativat tai analyttiset tehtävät, joissa sama kaava toistuu usein. Koska koneet ovat alkaneet tekemään enemmän ja enemmän aikaisemmin ihmisten tekemiä rutiininomaisia työtehtäviä, ihmiset ovat alkaneet siirtymään ei-rutiininomaisiin työtehtäviin.

Autorin ym. (2003) mukaan teknologiat ovat aikaisemmin korvanneet ihmisiä rutiininomaisissa työtehtävissä. Erilaiset ei-rutiininomaiset tehtävät ovat puolestaan olleet historiallisesti vaikeita tai mahdottomia automatisoida. Digitalisaatioon liittyvät teknologiat, kuten koneoppiminen, tekoäly ja mobiilirobotiikka ovat kuitenkin mahdollistaneet ihmisten korvaamisen myös erilaisissa ei-rutiininomaisissa tehtävissä. Esimerkiksi auton ajamista pidettiin vaikeasti automatisoitavana tehtävänä vielä vuonna 2003. Vain seitsemän vuotta myöhemmin Google kehitti itsestään ajavan auton.

Frey & Osborne (2013) huomioivatkin laajasti viitatussa tutkimuksessaan, että myös ei-rutiininomaiset työtehtävät voi olla mahdollista automatisoida. Tutkimuksessaan he jaottelivat työtehtävät sen mukaan, kuinka helppoa ja todennäköistä on, että ne tullaan automatisoimaan koneen tehtäviksi tulevaisuudessa. He jakoiivat työt matalan, keskitason ja korkean riskin ammatteihin. Mitä korkeammalla riskialueella jokin tietty ammatti on, sitä todennäköisemmin kyseisen ammatti on automatisoitavissa tulevaisuudessa. Monet

tehtävät ovat teorian mukaan automatisoitavissa tulevaisuudessa, mutta tutkimuksen mukaan lähitulevaisuudessa ihmiset ovat edelleen kuitenkin parempi ja edullisempi vaihtoehto työtehtävissä, jotka vaativat havainnointi- ja käsittelykykyä sekä luovaa ja sosiaalista älykkyyttä. Frey & Osborne (2013) kutsuivat tällaisia tehtäviä automaation pullonkauloiksi. Pullonkauloista huolimatta heidän mukaansa kaikista Yhdysvaltojen ammasteista jopa 47 % on automatisoitavissa seuraavan 10-20 vuoden aikana tietokoneilla ja algoritmeilla. Useat jatkotutkimukset ovat soveltaneet tätä tutkimusta toisiin maihin ja olettaneet, että tutkimuksen tulokset ovat verrannollisia eri maiden välillä. Pajarinen & Rouvinen (2014) hyödynsivät tutkimuksessaan Freyn & Osbornen (2013) laskelmia automaation todennäköisyyksistä eri ammasteissa Suomen tasolla. Tulokset olivat yhtenevät siinä mielessä, että myös heidän mukaansa Suomessa suurin osa ammasteista on joko matalan- tai korkean riskin ammatteja. Suomalaisten tutkijoiden mukaan korkean riskin ammatteja on kuitenkin hieman vähemmän kuin Yhdysvalloissa eli 33.7 %, Pajarinen & Rouvinen (2013) korostavat myös, että automaatiolla tulee olemaan valtava vaikutus työtehtäviin ja että aihe vaatii enemmän huomiota ja tutkimusta teknologian kehittyessä. Bowles (2014) sen sijaan arvioi, että Euroopassa eri maiden ammasteista automaatiouhan alla on 45-50% kaikista työpaikoista. Näiden tutkimusten mukaan muutos on nopea ja yritysten osaamistarpeet tulevat muuttumaan radikaalisti tulevaisuudessa.

Freyn & Osbornen (2013) tutkimus on saanut osakseen myös paljon kritiikkiä automaatiouhan yliarvioimisesta. Esimerkiksi Arntz, Gregory & Zierahn (2016) sekä Autor & Handel (2013) argumentoivat, että yksittäisten työtehtävien automatisointi ei välttämättä tarkoita kokonaisten ammattien katoamista, sillä työntekijöiden tehtävät ammattien sisällä ovat usein hyvin heterogeenisiä. Esimerkiksi monet ammatit, jotka Frey & Osborne (2013) ovat luokitelleet korkean automaatoriskin alaisiksi koostuvat Arntzn ym. (2016) mukaan yleensä myös useasta sellaisesta työtehtävästä, jotka ovat vaikeasti automatisoitavissa. Lisäksi kriitikot huomioivat, että kokonaisten ammattien automaatio olisi laillisesti ja eettisesti ristiriitoja herättävää, joka puolestaan todennäköisesti vähintään hidastaa muutosta. Lisäksi tutkimuksissa ei ole huomioitu uusien tehtävien ja ammattien syntymistä, vaan tarkasteltu ainoastaan olemassa olevia ammatteja, joka osaltaan heikentää tulosten luotettavuutta. Tässä tutkimuksessa pyritään täyttämään Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen tutkimusaukot ja selvittämään teknologiayritysten tulevaisuuden tekniset osaamistarpeet resurssipohjaisen teorian avulla.

1.1.2 Resurssipohjainen teoria

Priemin & Butlerin (2001) sekä Newbertin (2007) mukaan resurssipohjainen teoria (resource-based theory, RBT) on yksi laajimmin hyväksytyistä strategisen johtamisen teorioista. RBT kehitettiin 1980-luvulla, kun ulkoisen toimintaympäristön analysoimisen sijaan alettiin keskittymään organisaation sisäiseen tarkasteluun

(Barney & Felin 2011, 1300). RBT:ssa tarkastellaan erilaisia resursseja, jotka vaikuttavat yritysten kilpailukykyyn ja sen mukaan yritysten väliset erot syntyvät yritysten erilaisten resurssien perusteella (Makadok 2001, 388; Barney 1991).

Teorian avulla voidaan tarkastella tässä tutkimuksessa tutkittavaa ilmiötä. Esimerkiksi Goldin & Katzin (2008) mukaan työntekijöiden osaamisresurssit ovat avainasemassa tuottavuuden parantamisessa teknologian kehittyessä. Yritysten kilpailukykyyn kannalta yritysten onkin erittäin tärkeää tunnistaa kriittisimmät osaamisresurssit. Tulevaisuuden osaamistarpeita tutkittaessa tekninen osaaminen voidaan siis käsittää resurssina, josta yritykset kilpailevat saavuttaakseen kilpailuetua. Tekninen osaaminen on tässä tutkimuksessa tutkittava resurssi.

Perry ym. (2005) korostavat resurssipohjaisen teorian strategisen johtamisen näkökulmaa: kilpailuedun saavuttaminen lähtee liikkeelle johdon näkemyksestä ja tuotantoresurssien allokoinnista tuottamaan kilpailuetua tuovia tuotteita tai palveluita. Ennen lähes mitä tahansa yrityksille vahvuuksiksi tai heikkouksiksi lasketavia asioita pidettiin resursseina, mutta Barney (1991) luokitteli resurssit kolmeen eri kategoriaan: fyysiseen, organisatoriseen ja inhimilliseen pääomaan. Fyysisiä resursseja ovat esimerkiksi koneet ja laitteet, kun taas organisatoriset resurssit ovat muun muassa yrityksessä olevat ihmissuhteet, viestintä, koordinointi ja kontrollointi. Tässä tutkimuksessa keskitytään kuitenkin inhimillisiin resursseihin, jotka liittyvät yksilölliseen kyvykkyyteen, kuten älykkyyteen ja teknisiin taitoihin.

Barneyn (1991) mukaan ainoastaan arvokkaat, harvinaiset, vaikeasti imitoitavat ja ei-korvattavissa olevat resurssit voivat tuottaa yritykselle kilpailuetua. Tällaisia resursseja kutsutaan VRIN-resursseiksi (Valuable, Rare, Inimitable, Non-substitutable).

Arvokas (Valuable)

Resurssien tulee olla arvokkaita tuottaakseen kilpailuetua. Resurssit ovat arvokkaita, jos ne auttavat yritystä kehittämään ja toteuttamaan strategiaa, joka parantaa yrityksen tehokkuutta. Perinteisen SWOT-mallin mukaan yritys voi parantaa tehokkuutta tarttumalla mahdollisuuksiin ja neutralisoimalla uhkia. Resurssien tulee pystyä näihin tavoitteisiin ollakseen arvokkaita. (Barney 1991.

Harvinainen (Rare)

Yrityksen arvokkaat resurssit eivät voi tuottaa kilpailuetua, mikäli samanlaisia resursseja tai resurssiyhdistelmiä omistaa suuri joukko kilpailevia yrityksiä. Yritykset voivat saada kilpailuetua resurssista, jos resurssia tai resurssiyhdistelmää käyttäviä yrityksiä on vähemmän kuin tasapainotilanteessa. (Barney 1991)

Vaikeasti imitoitava (Inimitable)

Mikäli resurssi on arvokas ja harvinainen, tulee se olla myös vaikeasti imitoitavissa. Ollakseen vaikeasti imitoitavissa resurssin tulee täyttää yksi tai useampi seuraavista ehdoista:

- (1) Resurssi on polkuriippuva.
- (2) Yhteys resurssin ja kilpailuedun välillä on kausaalisesti epämääräinen.
- (3) Resurssi on sosiaalisesti kompleksi. (Barney 1991.)

Ei-korvattavissa (Non-substitutable)

Viimeinen vaatimus kilpailuetua tuovalle resurssille on, että resurssille ei ole korvaavaa resurssia, joka on yleinen tai helposti imitoitavissa. Helposti kopioitava tai yleinen korvaava resurssi kumoaa korvattavan resurssin arvokkuuden, koska kilpailijat voivat saavuttaa saman tuloksen korvaavalla resurssilla. (Barney 1991.)

Peterafin ja Barney (2003) mallin mukaan tällaiset ylivoimaiset kriittiset resurssit johtavat alhaisempiin kustannuksiin tai suurempiin hyötyihin, jonka ansiosta yrityksessä saadaan enemmän arvoa ja saavutetaan kilpailuetu. Tässä tutkimuksessa pyritään tunnistamaan tällaisia VRIN-osaamisresursseja.

RBT:n mukaan tietyille yrityksille syntyy kilpailuetu, kun VRIN-resurssit jakaantuvat heterogeenisesti yritysten välillä (Barney 1991). Oikeiden resurssien valitsemistaidoilla (resource picking skills) kuvataan yrityksen kyvykkyyttä valita resurssit paremmin kilpailijoihin nähden. Tästä syystä oikeiden resurssien tunnistamisella ja valitsemisella on strategisen johtamisen näkökulmasta kriittinen rooli yrityksen menestyksessä. Resurssipohjaisen teorian ja strategisen johtamisen näkökulmasta on siis erittäin tärkeä tunnistaa kriittiset tekniset taidot, joita teknologiayritykset tarvitsevat eniten tulevaisuudessa.

Kaikki resurssit eivät ole kuitenkaan VRIN-resursseja ja oikeiden resurssien valitsemistaidoilla kuvataan myös kykyä olla hankkimatta huonoja resursseja (Makadok 2001, 388.). Esimerkiksi Warnierin, Weppen & Lecocq (2013) tyypittelyssä erotettiin strategiset, tavalliset ja roskaresurssit (junk resources) toisistaan. Strategiset resurssit ovat yllä kuvattuja VRIN-resursseja, joiden avulla yritys voi tavoitella kilpailuetua. Tavalliset resurssit ovat puolestaan yleisiä markkinoilla esiintyviä resursseja, ja niitä tarvitaan perustoimintoihin, mutta ne eivät yleensä ole kilpailuedun lähteenä. Roskaresurssit ovat niin sanottuja vältettäviä resursseja, sillä ne tuottavat yritykselle usein tappiota. Tällaisia resursseja ovat esimerkiksi vanhentunut teknologia tai osaamattomat työntekijät.

Kuten kappaleen alussa kerrottiin, RBT on yleisesti hyväksytty strategisen johtamisen teoria ja se onkin lisännyt 1980-luvulta lähtien yritysten staattista tapaa sijoittaa tärkeisiin resursseihin. Priemin, Buttlerin & Jin (2013, 482) mukaan teoriaa olisi hyvä täydentää kysyntään perustuvalla näkemyksellä, ja heidän mukaansa näiden kahden näkökulman yhdistäminen yleistyy tulevaisuudessa. Tässä tutkimuksessa nämä kaksi näkökulmaa yhdistyvät, kun resurssiperusteista näkökulmaa yritysten kriittisistä resursseista tutkitaan työnantajien kysynnän perusteella. Tutkimuksessa pyritään tunnistamaan sellaisia työntekijöiden teknisiä taitoja, joita teknologiayritykset tarvitsevat tulevaisuudessa eniten ja jotka ovat niin sanottuja VRIN-resursseja eli arvokkaita, harvinaisia, vaikeasti imitoitavia ja ei-korvattavia.

1.2 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Tulevaisuuden osaamistarpeiden tutkiminen on haastavaa, sillä teknologia kehittyy niin nopeasti kiihtyvällä vauhdilla, että teknisen kehityksen kulkua on vaikea arvioida (Armstrong & Sotala 2015). Freyn & Osborne (2013) ennustavat, että jopa 47 % työpaikoista olisi kokonaan automatisoitavissa, mutta kehitys riippuu pitkälti teknologisen kehityksen nopeudesta koneoppimisessa ja roboteissa. He eivät kuitenkaan huomioi tutkimuksessaan teknologisen kehityksen seurauksesta tapahtuvaa työtehtävien sisällön muuttumista, eivätkä uusien tehtävien tai ammattien syntymistä. Esimerkiksi Saarimaan & Mantereen (2013) mukaan osaamisen ennakoimisessa on tärkeää pyrkiä tunnistamaan sellaisia osaamisalueita, jotka ovat vasta syntymässä tai kehittymässä. Lisäksi Frey & Osborne (2013) eivät huomioi ammattien sisällä olevien työtehtävien heterogeenisuutta.

Tämän Pro gradu -tutkielman tarkoituksena on täyttää Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen edellä mainitut aukot. Lisäksi pyritään tuottamaan tietoa teknologiayrityksille siitä, miten digitalisaation ja automaation kehitys muuttaa työtehtäviä ja näin ollen yritysten osaamistarpeita. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, minkälaista teknistä osaamista teknologiayritykset tarvitsevat *eniten* tulevaisuudessa. Tutkimuksessa pyritään myös arvioimaan, syntykö tulevaisuudessa kokonaan uusia osaamistarpeita. Tarkentavia kysymyksiä ovat:

- *Minkälaiset tehtävät ovat automatisoitavissa kokonaan?*
- *Minkälaisia teknisiä työtehtäviä teknologiayrityksissä tehdään tulevaisuudessa?*

Tarkentavat kysymykset ovat tärkeitä strategisen johtamisen näkökulmasta. Vastauksilla pyritään tuottamaan syvällisempää tietoa osaamistarpeista, jonka avulla yritykset voivat suunnitella tulevia osaamisresursseja paremmin, ehkäistä osaamisvajetta sekä tunnistaa kriittisiä teknisiä osaamistarpeita. Tekniset taidot nähdään yleisesti yritysten teknologisen kehityksen sekä kasvun lähteenä (Shapiro, Østergaard & Hougaard 2015). Raportissa korostetaan, että teknisen osaamisen tarve tulee muuttumaan yrityksissä huomattavasti

teknologian muutoksen seurauksena. Lisäksi suuressa eurooppalaisessa tutkimuksessa työnantajat pitivät teknisiä taitoja kaikkein kehittymättömpänä 2000-luvun taidoista (ThinkYoung 2014). Pysyäkseen kilpailukykyisenä, yritysten tulee turvata teknisten taitojen resurssit tulevaisuudessa. Näistä syistä tulevaisuudessa tarvittavia teknisiä taitoja on tärkeä pystyä tunnistamaan. Lisäksi yritysten on tärkeää ennakoida muuttuvia osaamistarpeita välttääkseen osaamisvajetta (Baker & McKenzie 2017). Osaamistarpeita ennustavista tutkimuksista hyötyvät yritysten lisäksi myös muun muassa politiikan tekijät, opetuslaitokset, työnhakijat ja tutkijat (Balcar 2011). Myös taloustieteen näkökulmasta yritysten on tärkeää tunnistaa kriittisiä teknisiä taitoja, jotta ne pystyvät toimimaan tehokkaasti (Nelson & Phelps 1966; Galor & Tsiddon 1997; Hassler & Rodriguez Mora 2000; OECD 2011).

Tässä tutkimuksessa työn muutosta tarkastellaan teknologian kehittymisen näkökulmasta, mutta muita megatrendejä, kuten kaupungillistumista tai ilmastonmuutosta ei oteta huomioon. Lisäksi työssä ei arvioida, miten yritykset pystyvät hankkimaan tarvittavaa teknistä osaamista tulevaisuudessa.

1.3 Tutkimuksen keskeiset käsitteet

Pilviteknologiat

Pilviteknologiat ovat yksi merkittävimpiä digitalisaation ajureista (Shapiro ym. 2015). Pilviteknologia tarkoitetaan teknologiaa, joka mahdollistaa ohjelmien, tallennuskapasiteetin ja laskentatehon sijoittamista muualle kuin yrityksen omille laitteille, eli ”pilveen”. Pilvipalvelut ovat laajassa käytössä sekä yksityis- että yrityspuolella. Pilvipalvelut tarjoavat jatkuvasti yhä monimutkaisempia kokonaisuuksia yritysten järjestelmien pyörittämiseen, eikä laitteen muisti rajoita datamääriä. Myös yritysten laiteinvestoinnit ja ylläpitokustannukset pienenevät. (Kokkonen 2018.) Pilvipalvelut mahdollistavat digitalisaation etenemisen ja muiden digitalisaation sovellusten, kuten IoT:n, massadatan ja alustalouden kehityksen.

IoT

Sitran (2016) mukaan asioiden internet (Internet of Things, IoT) tulee muuttamaan lähitulevaisuudessa teollisia prosesseja, toimialoja ja työtehtäviä radikaalisti. Se näyttelee merkittävää roolia neljännessä teollisessa vallankumouksessa (Bahrin, Othman, Azli & Talib 2016). Asioiden internetissä ”asiat” eli esineet pystyvät syöttämään tietoa internetiin pilvipalveluihin. Se on siis eräänlainen verkko, jossa mitä tahansa voidaan yhdistää antureiden avulla internetiin. Internetiin yhdistettyjä asioita voidaan tämän jälkeen paikantaa, valvoa ja kontrolloida (Li 2010, s. 73). Zhengin, Simplot-Rylin, Bisdikian & Mouftahin (2011) mukaan olemme menossa sellaista yhteiskuntaa kohti, jossa kaikki yksilöt ja laitteet on liitetty toisiinsa. IoT mahdollistaa yrityk-

sissä esimerkiksi pienivolyymisten tuotteiden ja moninaisten tuotemixien kustannustehokkaan valmistamisen (William 2014). Mazhelis ym. (2013) mukaan IoT-teknologian avulla yritykset pystyvät kehittämään uudenlaisia kaupallisia sovelluksia. Tuotantoprosessien näkökulmasta IoT:lla voi ollakin suuri arvoa luova vaikutus, sillä tämän teknologian yhtenä tavoitteena on rakentaa esimerkiksi avoin ja älykäs tuotantoalusta teollisuuden tietoverkoston sovelluksiin, jota kaikenkokoiset yritykset voivat hyödyntää (Bahrin ym. 2010). Monet yritykset pyrkivätkin ”älyllistämään” tehtaita ja tuotantoa IoT:n avulla (Kagermann, Wahlster & Helbig 2013). IoT tulee muuttamaan liiketoimintamalleja esimerkiksi mahdollistamalla sulautettujen sovelluksien määrän kasvamisen eri tuotteissa ja palveluissa (Murray 2015).

As a Service

As a Service -konseptit, kuten Software as a service on merkittävässä roolissa digitalisaatiossa. Siinä käyttäjille ei toimiteta ohjelmaa suoraan, vaan sitä käytetään internetin välityksellä pilven kautta. Etuina tässä teknologiassa on muun muassa se, että asiakkaan ei tarvitse investoida laitteisiin tai käyttää resursseja asennuksiin tai päivityksiin, vaan ohjelma tekee nämä kaikki itse. Toisena esimerkkinä Mobility as a service -konsepti, jossa digitalisaatio mahdollistaa yhä saumattomampia liikkumispalveluita, kuten Whimin. (Kokkonen 2018.)

Alustalous

Pilvipalveluteknologiat mahdollistavat lisäksi muun muassa alustalouden, joka liittyy tuotteiden jakamiseen digitaloudessa. Esimerkiksi Google Play ja Apple iStore ovat sovelluksia jakamistaloudesta, jotka mahdollistavat digitaalisen jakelun eri sovelluksille, kuten peleille, kirjoille ja muille digitaalisille sovelluksille. Matkailualalla sovelluksia ovat esimerkiksi eBookers ja Booking.com, jotka tarjoavat matkustamiseen liittyviä palveluita yhdestä paikasta. Amazon toimii puolestaan esimerkkinä eri tuottajia yhteen keräävänä kauppapaikkana. Toimintalogiikkansa puolesta myös Uber ja AirBnB liittyy myös samaan ilmiöön. (Halen ym. 2016.) Alustaloudessa kohtaamiset tapahtuvat siis jaetuilla alustoilla ja markkinapaikoilla. Käytännössä tuottajat saavat siis tuotteensa helposti globaalisti lähes jokaiselle kuluttajalle ja puolestaan asiakas pystyy löytämään lähes kaikki tuotteet yhdestä paikasta. (Kokkonen 2018.)

Alustalouteen liittyvänä ilmiönä jakamistalous mahdollistaa vajaakäytössä olevien resurssien tehokkaan käytön jakamisen avulla. Malliesimerkkeinä voidaan käyttää Mobility as a Service -konseptia Whimiä, tai alustalouden sovelluksia Uberia ja AirBnB:tä. Näissä esimerkeissä vajaakäytössä olevien kulkuneuvojen tai asuntojen käyttöä jaetaan. Jakamistaloutta voidaan harrastaa myös ilman digitalisaatiota, mutta digitalisaatio mahdollistaa sen aikaisempaa tehokkaamman ja laajemman käytön. (Kokkonen 2018.)

Lohkoketjuteknologiat

Lohkoketjuteknologiat mahdollistavat muun muassa kryptovaluutat ja älykkäät sopimukset, sillä niiden avulla toisilleen tuntemattomat toimijat voivat ylläpitää hajautettuja tietokantoja. Kaikki toimijat näkevät siis toisensa ylläpitämät tietokannat ja niiden muutokset, mutta kukaan yksittäinen toimija ei voi muuttaa sisältöä mielivaltaisesti (Kokkonen 2018).

3D-tulostus

Digitalisaation yksi puhutuimpia sovelluksia on 3D-tulostus, jolla voidaan tulostaa valmiita fyysisiä esineitä digitaalisista malleista. 3D-tulostimilla voidaan tulostaa esimerkiksi varaosia, prototyypppejä ja komponentteja nopeasti, eikä niitä tarvitse tilata mistään erikseen. Tämä saattaa vaikuttaa siihen, että tulevaisuudessa ei välttämättä tuoteta enää niin paljon standardoituja tuotteita, vaan ne voidaan yksilöidä kustannustehokkaasti lähellä kuluttajaa. Työvaiheiden poisjäämisen seurauksena tuotantoprosessi lyhenevät merkittävästi ja ennen muualta tilattuja osia voidaan nyt valmistaa itse. (Kokkonen 2018.) 3D-tulostus vaatii entistä enemmän tietoteknistä työtä käsityön sijaan, joten samalla kun työvaiheita jää pois, niin myös esimerkiksi suunnittelevien ja valmistavien insinöörien työtehtävät saattavat muuttua.

Massadata

Big Data eli massadata on yksi merkittävimmistä digitalisaatioon liittyvistä teknologioista. Sen ennustetaan muuttavan yritysten osaamistarpeita tulevaisuudessa. Pilvipalvelut tarjoavat skaalautuvan ja lähes rajattoman mahdollisuuden massadatan sovelluksille. Massadata-käsitteelle on useita eri määritelmiä. Yleensä käsitteellä viitataan kuitenkin erittäin suuriin, järjestelemättömiin ja mahdollisesti kasvaviin tietomääriin, joista tuotetaan tilastollisten, matemaattisten ja tietoteknisten menetelmien avulla uudenlaista tietoa. (Pöyskö, Hurskainen, Lapp & Vaarala 2016.) Kokkonen (2018) mukaan massadata määritellään neljän V:n avulla: määrä (Volume), monimuotoisuus (Variety), totuudenmukaisuus (Veracity) ja nopeus (Velocity). Massadata tarkoittaa yleisesti siis suurta määrää dataa erilaisissa muodoissa, kuten kuvana, äänenä tai tekstinä. Näitä formaatteja voidaan yhdistellä ja niistä voidaan tehdä nopeasti analyyseja liiketoiminnan tueksi. Massadataa voidaan käyttää liiketoiminnassa esimerkiksi ennusteiden tekoon. Esimerkiksi sosiaalisen median keskusteluja yhdistelemällä voidaan tehdä kysyntäennustuksia tai teollisuudessa laajalla mittausdatalla voidaan ennustaa ja ennaltaehkäistä häiriöitä. (Kokkonen 2018.) Erilaisten sensorien ja kommunikaatiovälineiden levittäytyminen jokapäiväiseen arkielämään synnyttää rajattoman määrän dataa, joka syntyy kanssakäymisissä ja laitteiden käytöstä. Massadatan kerääminen näistä lähteistä mahdollistaa ennen näkemättömien mikro- ja makrotason sosiaalisten systeemien mallinnuksen, jonka avulla voidaan löytää kaavoja ja suhteita, jotka olivat ennen ih-

mismielelle näkymättömissä. Yrityksen voivat käyttää tätä dataa hyödyksi esimerkiksi teknologiatrendien tutkimisessa. Tämä on saattanut tarkoittaa uudenlaisia työmahdollisuuksia esimerkiksi data-analytiikan tai ohjelmoinnin parissa. Toisaalta datan lisääntyminen on myös tarkoittanut, että koneet tekevät osan töistä, joita aikaisemmin ihmiset suorittivat. (Shapiro ym. 2015.)

Tekoäly

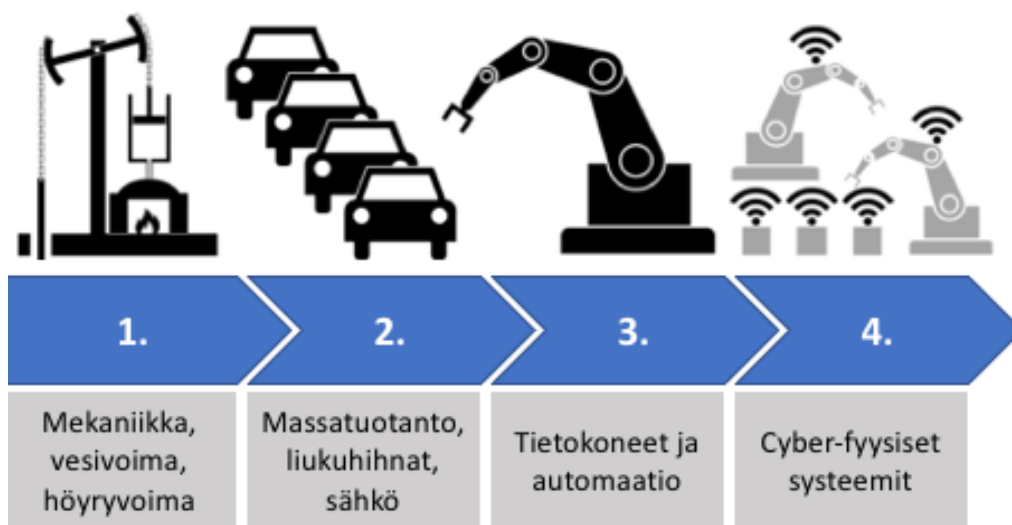
Viimeisenä ja massadatan kanssa yhtenä merkittävimpanä digitalisaatioon liittyvänä teknologiana on tekoäly tai koneoppiminen. Näitä kahta termiä voidaan käyttää rinnakkain, mutta koneoppimisen käsite olettaa, että koneet eivät ole älykkäitä, vaan ainoastaan kykeneväisiä oppimaan. Tekoäly toisaalta viittaa tästä hieman älykkäämpään teknologiaan. Se perustuu oppiviin algoritmeihin, jotka voivat tunnistaa malleja suurista aineistoista. Tällä tavalla tekoäly liittyy myös massadataan. Tekoälyä voidaan hyödyntää muun muassa suurien aineistojen käsittelyssä, mutta myös sen kehittämiseen tarvitaan suuria datamassoja. Ensimmäiset tekoälyn sovellukset liittyivät tekstimassojen käsittelyyn ja tiedonhakuun laajoista artikkeleista sekä eri aineistoista yhdistelemällä saatuihin yhteenvetoihin. (Kokkonen 2018.)

2 Miten teknologian kehitys vaikuttaa osaamistarpeisiin

Kirjallisuuskatsauksessa teknologisen kehityksen vaikutusta työtehtäviin lähestytään kronologisessa järjestyksessä kolmessa osassa: ensin käsitellään historiaa, sitten nykyhetkeä ja viimeiseksi tulevaisuutta. Ensimmäisessä osassa käsitellään teknologisen kehityksen historiaa teollisten vallankumousten kautta, sillä tulevaisuuden tutkimiseksi myös historian tuntemus on tärkeää, jotta ymmärtää, mistä muutokset ovat lähtöisin (Talvela & Stenman 2012). Lisäksi luvussa esitellään niin sanottu neljäs teollinen vallankumous, joka on tutkijoiden mukaan vasta tuloillaan. Se liittyy vahvasti digitalisaatioon ja automaatioon. Tässä tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita erityisesti neljännen vallankumouksen teknologioista ja niiden vaikutuksesta työnteeseen. Seuraavassa osassa nykyhetkeä käydään läpi Mooren lain ja teknologisen kehityksen vauhdin näkökulmasta. Kolmannessa osassa käsitellään Autorin ym (2003) sekä Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksia tulevaisuudessa automatisoitavissa olevista ammateista. Samassa luvussa tarkastellaan tarkemmin myös, mitkä työtehtävät ovat tutkijoiden mukaan automatisoitavissa ja miksi. Neljännessä ja viimeisessä luvussa tarkastellaan digitalisaation ja automaation kehityksen trendejä ja pullonkauloja, jotka saattavat vaikuttaa tulevaisuuden teknisiin osaamistarpeisiin. Kirjallisuuskatsauksen tulokset tarjoavat hyvää näkemystä niiden taitojen tunnistamiseksi, joita ihmiset tarvitsevat tulevaisuudessa pysyäkseen kilpailukykyisinä koneita vastaan, kun teknologian kehitys kiihtyy entisestään.

2.1. Teolliset vallankumoukset

Nykyteknologian historiasta voidaan erottaa neljä erillistä vaihetta eli teollista vallankumousta, jotka ovat muuttaneet yritysten osaamistarpeita.



Kuvio 1. Neljä teollista vallankumousta (Christoph 2016. Käännös kirjoittajan.)

Ensimmäinen teollinen vallankumous

Ennen ensimmäistä teollista vallankumousta 1700-luvun alussa maailmantalous ei ollut kasvanut merkittävästi lähes neljään vuosisataan. Talouskasvun laitto kuitenkin käyntiin nykyaikaisen teknologian ensimmäinen suuri harppaus eli höyrykoneiden ja muiden vastaavien koneiden kehittäminen. Keksinnöt muuttivat työn luonnetta ja yritysten osaamistarvetta. Näin ensimmäisen teollisen vallankumouksen katsotaan alkaneen Isossa-Britanniassa 1700-luvun loppupuolella (Rinta-aho, Niemi, Siltala-Keinänen & Lehtonen 2004 s. 45). Tämän niin sanotun ensimmäisen teollisen vallankumouksen myötä teknologiasta tuli monen läntisen yhteiskunnan ydin. Ensimmäisessä vallankumouksessa vesi- ja höyryvoimalla toimivat mekaaniset koneet alkoivat yleistymään ja ihmisten tekemää manuaalista käsityötä alettiin korvaamaan näillä koneilla. Enää ihmisen ei tarvinnut esimerkiksi pyörittää rattaita liike-energian muodostamiseksi, vaan kone teki sen ihmisen puolesta ja ihmisten työpanos vapautui teknisesti haastavimpiin tehtäviin.

Toinen teollinen vallankumous

Toisessa vallankumouksessa 1800-1900-lukujen vaihteessa teknologisen kehityksen myötä teollisuudessa alettiin käyttämään laaja-alaisesti sähköä, mikä mahdollisti massatuotannon. Myös tieteelliseen tutkimukseen teknologian kehittämiseksi alettiin panostamaan entistä enemmän. Toisen vallankumouksen keksintöjä olivat sähkön lisäksi muun muassa ulkoiset polttomoottorit, sisäputkistot ja juokseva vesi. Gordonin (2000) mukaan ihmiskunnalla meni lähes vuosisata, ennen kuin nämä uudet teknologiat pystyttiin hyödyntämään tehokkaasti tuottavuuden näkökulmasta, eli työntekijöiden osaaminen muuttui hitaasti vastaamaan teknologian mahdollisuuksia.

Kolmas teollinen vallankumous

1970-luvulla tietotekniikan ja elektroniikan kehittyessä kolmannen teollisen vallankumouksen katsotaan alkaneen digitalisaation myötä, jolloin yritysten tuotanto koki jälleen harppauksen automaatioissa. Tärkeimmät innovaatiot liittyivät mikroelektroniikkaan ja tietokoneisiin. Kolmannesta teollisesta vallankumouksesta käytetään myös synonyymia digitaalinen vallankumous. (Schön 2013) Tämä kolmas digitaalinen vallankumous muuttaa työntekeä ja muovaa työtehtäviä kiihtyvällä vauhdilla (mm. Greenwood & Yorukoglu 1997; Brynjolfsson & McAfee 2011; 2014). Vallankumouksen myötä yhä enemmän ihmisten tekemiä työtehtäviä on voitu korvata roboteilla, kun roboteista on tullut useissa työtehtävissä parempia ja halvempia työläisiä kuin ihmiset.

Neljäs teollinen vallankumous

Tässä tutkimuksessa ollaan erityisen kiinnostuneita neljännestä teollisesta vallankumouksesta, siihen liittyvistä teknologioista sekä niiden vaikutuksesta tulevaisuuden työntekoon ja osaamistarpeeseen. Teknologian kehittyessä yritysten osaamistarve on muuttunut historiassa kiihtyvää vauhtia teollisten vallankumouksien myötä ja nyt mm. Butterin, Fischerin, Gijsberin, Hartmannin, Heiden & Zeen (2014) mukaan myös neljäs teollinen vallankumous on tuloillaan. Brynjolfsson & McAfee (2014) kutsuvat neljättä vallankumousta myös nimellä koneiden toinen aikakausi ("The Second Machine Age").

Neljäs vallankumous on jatkoa kolmannelle vallankumoukselle syventäen digitalisaatiota ja kehittämällä edellisessä vallankumouksessa syntyneitä teknologioita eteenpäin. Schwab (2015) kuvailee sitä artikkelissaan "The Fourth Industrial Revolution" eri teknologioiden fuusioksi, joka hämärtää fyysisen, digitaalisen ja biologisen todellisuuden rajoja. Muutos ei ole enää lineaarista, vaan teknologia kehittyy eksponentiaalista vauhtia. Tähän neljänteen vallankumoukseen liittyvät erityisesti läpimurrot automaatiassa ja digitaalisissa teknologioissa. (Schwab 2015.) Brynjolfsson and McAfee (2014) mukaan kaikki neljännen vallankumouksen teknologiat ovat ennen kaikkea tietokoneiden tehokkuuden kasvun sekä robottien ja tekoälyn kehityksen seurausta.

Jokaisen teollisen vallankumouksen myötä teknologia on muuttanut työntekoa jollain tavalla. Vallankumouksissa ihmisten työtä on korvattu koneilla, mutta samalla ihmisten työpanokset on voitu käyttää johonkin teknisesti haastavampaan tekemiseen. Esimerkiksi koneiden kehittymisen myötä 1800-luvulla monien työtehtävät muuttuivat peltotöistä tehdastöiksi. Kolmessa ensimmäisessä vallankumouksessa syntyneiden uusien teknologioiden, kuten höyryvoiman, sähkön ja internetin katsotaan olleen niin sanottuja yleishyödyllisiä teknologioita (General Purpose Technologies), joita pystytään hyödyntämään toimialasta riippumatta. Määritelmän mukaan yleishyödylliset teknologiat ovat kokonaisvaltaisia, ne kehittyvät ajan myötä ja niiden avulla voidaan kehittää uusia innovaatioita (Cowen 2011). Brynjolfssonin & McAfeen (2011; 2014) sekä Brensnahan (2010) mukaan digitalisaatioon liittyvät uudet teknologiat täyttävät yleishyödyllisten teknologioiden kriteerit. Lisäksi Weitzmanin (1998) mukaan digitaalisten yleishyödyllisten teknologioiden erityispiirteenä on se, että niiden avulla voidaan yhdistellä ja uudelleen muovata nykyisiä innovaatioita lukemattomilla eri tavoilla.

Vaikka teknologian kehitys yleensä parantaa tuottavuutta, Brynjolfsson & McAfee (2014) mukaan uusien teknologioiden tuottavuus näkyy kuitenkin vasta vuosikymmenten päästä niiden kehityksestä, sillä alkuun ihmisillä menee aikaa oppia hyödyntämään niitä ja muokata omaa osaamista vastaamaan uusia teknologioita. Tämä on näkynyt myös tietokoneisiin liittyvissä teknologioissa. Brynjolfsson & Hitt (1998) mukaan onkin tär-

keää ymmärtää, että automaatio ei lisää tuottavuutta itsessään, vaan on osa isompaa organisaation kokonaisuutta ja ainoastaan oikein käytettynä nostaa tuottavuutta. Esimerkkinä he käyttävät Fordin tehtaita sähköistämisen aikakaudella, jolloin sähköisten liukuhihnojen hyödyt havaittiin vasta sen jälkeen, kun insinöörit muokkasivat valmistusprosesseja vastaamaan uusia koneita. Tämän takia on tärkeää muokata työntekoa vastaamaan digitalisaation ja automaation suomia mahdollisuuksia, jotta työnteosta saadaan mahdollisimman tuottavaa. Tämä on Pohjolan (2007) mukaan tärkeää sekä yritysten että kansantalouksien näkökulmasta.

Kolmessa ensimmäisessä teollisessa vallankumouksessa ihmisen fyysisen ja älyllisen työpanoksen kysyntä on aina lisääntynyt, mutta tilanne ei ole yhtä selkeä digitaalisen vallankumouksen tapauksessa. Digitalisaatio ja automaatio samanaikaisesti lisää tietojenkäsittelyn tehtävien kysyntää samalla, kun joitain tehtäviä automatisoidaan koneiden tehtäväksi kokonaan. Levyn & Murnanen (2004) mukaan tämä kehityskulku tarkoittaa, että ihmiset tulevat jatkossa keskittymään entistä enemmän ammatteihin, joita on vaikea automatisoida ja joissa ihmisillä on vielä toistaiseksi suhteellinen etu koneisiin nähden. Tämän takia tällaiset vaikeasti automatisoitavat taidot on tärkeä tunnistaa etukäteen.

2.2 Teknologia kehittyy eksponentiaalista vauhtia

Teknologian kehitysvauhti vaikuttaa tulevaisuuden teknisiin osaamistarpeisiin. Tietokoneiden keksimisen myötä internet ja muut digitaaliset innovaatiot ovat kiihdyttäneet teknologian kehitystä eksponentiaalisesti kolmannen ja neljännen teollisen vallankumouksen aikana. Kehitystä vie eteenpäin erityisesti tietokoneiden tehon kehitys ja kustannusten aleneminen. Tietokoneiden tehokkuuden kasvamista kuvataan yleisesti Mooren lailla. Mooren laki on Gordon E. Mooren havainto siitä, että tietokoneissa käytetyt mikropiirit pienenevät jatkuvasti samalla, kun transistorien määrä mikropiireissä kasvoi eksponentiaalisesti. Näin ollen Mooren lain mukaan transistorien lukumäärä edullisesti toteutettavissa mikropiireissä kaksinkertaistuu 18 kuukauden välein. (Aktinson & Mckay 2007). Tietokoneiden tehostumisella on monien tutkijoiden (mm. Levy & Murnane 2004; Brynjolfsson & McAfee 2014) mukaan suuri vaikutus siihen, miten ihmiset tulevat työskentelemään tulevaisuudessa ja millaista osaamista heiltä halutaan.

Mooren lain mukaan myös koneiden käyttökustannukset laskevat jatkuvasti lisäten niiden käytön laajuutta. Esimerkiksi Nordhausin (2007) laskelmien mukaan tietokoneiden käytön seurauksena laskentaan liittyvien työtehtävien kustannukset ovat nykyään miljoonasosa siitä, mitä ne olivat 1850-luvulla. Lisäksi Van Reenen (2006) mukaan internetin palvelinten käytön hinta tippui keskimäärin 30 % vuosien 1996 ja 2001 välillä samalla kun kovalevyjen tila on tuplaantunut 18 kuukauden välein ja hinta on puolittunut vuosittain.

Monet epäilevät kuitenkin, voiko Mooren laki pitää paikkaansa myös tulevaisuudessa tuplaten tietokoneiden tehokkuuden 18 kuukauden välein ja veikkaavat vauhdin hidastuvan jossain vaiheessa. Toisaalta, ei ole varmuutta mitä Mooren laille tulee käymään, sillä digitaalisten teknologioiden tulevaisuutta on vaikea ennustaa, koska fysiikan lait eivät päde niihin. (Brynjolfsson & McAfee 2014.) Jotkut tutkijat jopa väittävät Mooren lain kiihtyvän entisestään. Esimerkiksi Kurzweilin (2005) automaation kehitystä tarkastelevassa tulevaisuuden tutkimuksessa tultiin siihen lopputulokseen, että koneäly tulee saavuttamaan ihmisten älykkyyden tason vuonna 2020, riippuen siitä, kuinka konservatiivista arviota ihmisen aivojen kapasiteetista käytetään. Kurzweil (2005) kritisoi Mooren lakia liian kapea-alaiseksi, sillä siinä ei hänen mukaansa otettu huomioon riittävällä tasolla uusien innovaatioiden kehitystä ja esimerkiksi koneiden muotoilun parantamista. Näiden kehityksien seurauksena Kurzweilin (2005) mukaan koneäly tulee jopa ylittämään kaikkien ihmisaivojen kapasiteetin jossain vaiheessa. Tällaista älykkyyttä kutsuttaisiin superälykkyydeksi. Toisaalta ihmisaivojen ylivoimaisuus koneisiin nähden on tullut sen kyvystä rinnakkainorganisoida kolme ulottuvuutta (*brain's enormous power comes from its extremely parallel organization in three dimensions*). Aivojen sisäiset hermosolut mahdollistavat muun muassa monimutkaisen oppimisen ja päätöksentekokyvyn, joka on ainakin toistaiseksi puuttunut koneilta. Joka tapauksessa teknologian nopea kehittyminen tulee muokkaamaan yritysten osaamistarpeita myös tulevaisuudessa ja se, kuinka nopeasti teknologia kehittyy, vaikuttaa merkittävästi muutoksen voimakkuuteen.

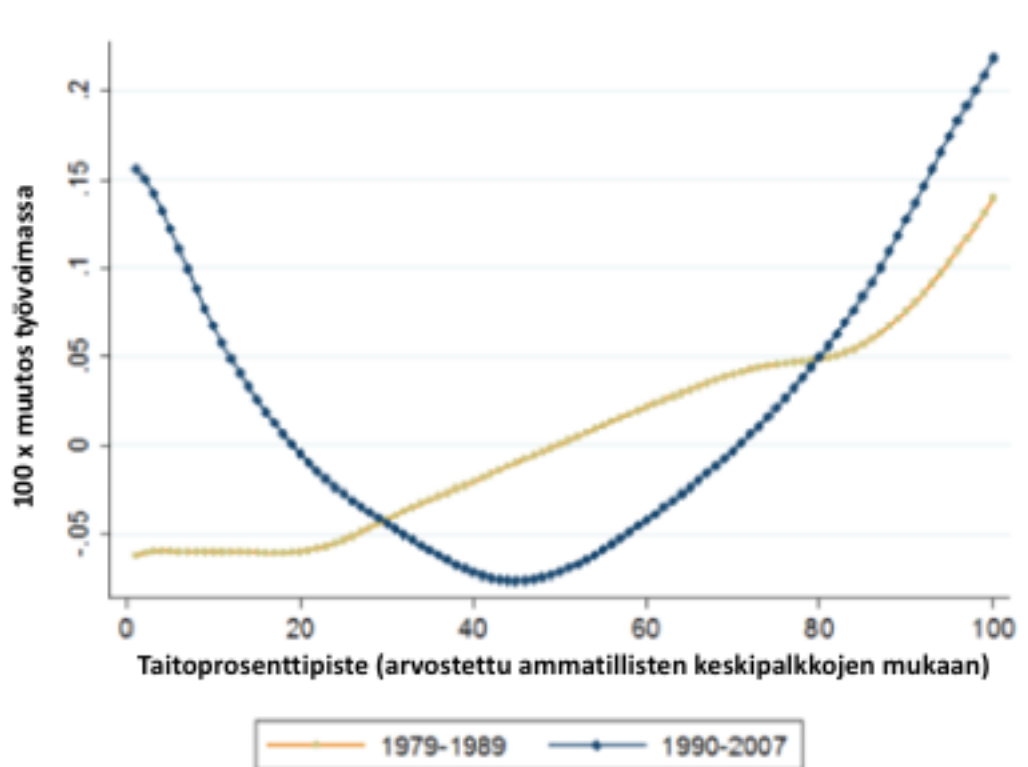
2.3 Automatisoitavissa olevat työtehtävät ja työmarkkinoiden polarisaatio

Teknologian kehittyessä automaatio on levinnyt ja sitä hyödynnetään yhä laajemmin muun muassa uusien teknologioiden, kuten palkanmaksuohjelmistojen, etäohjattujen tehdasautomaatiokoneiden, automatisoitujen inventaarihallintajärjestelmien ja sanojen käsittelyn ohjelmistojen avulla (Autor ym. 2003). Uusien teknologioiden sekä automatisoinnin etujen takia yhä useammat rutiininomiaset työtehtävät, kuten kirjanpitäjien, kassamyymäjien ja teleoperaattoreiden ammatit on voitu automatisoida (MGI 2013). Tästä huolimatta monet ammatit ovat edelleen sellaisia, joissa ihmiset pärjäävät paremmin kuin robotit, sillä ne ovat yhä kehittämättömiä kaavantunnistuksessa ja pystyvät suoriutumaan laaja-alaisesti ainoastaan tarkkoja sääntöjä noudattavista työtehtävistä ihmistä paremmin (Frey & Osborne 2013; Brynjolfsson & McAfee 2014).

Työtehtävien erottelu yhä selkeämmin ihmisten ja koneiden tekemiksi työtehtäviksi on selitetty vuosin saatossa monilla eri teorioilla. Pitkään teknologian vaikutusta työntekoon kuvattiin osaamista suosivalla teknologisella muutoksella (skill biased technological change, STBC, esim. Katz & Autor 1999). Tällä teoriolla pyrittiin selittämään korkeasti koulutettuja suosiva työmarkkina, joissa heidän osuutensa työntekijöistä kasvoi samalla, kun matalammin koulutettujen laski. Ensimmäisessä teollisessa vallankumouksessa teknologinen

kehitys vähensi osaamistarvetta, mutta sen jälkeen uudet teknologiat ovat ennemminkin täydentäneet työntekoa ja näin ollen lisänneet osaamisvaatimusta (Katz & Murphy 1992; Acemoglu 1998). Lisäksi osaamisvaatimustason katsotaan nousseen toimialoilla sitä enemmän, mitä enemmän tietokoneita on hyödynnetty (Bersnahan, Brynjolfsson & Hitt 2003).

Osaamista suosivan teknologisen muutoksen hypoteesilla pystyttiin selittämään teknologian vaikutus työmarkkinoihin vuosikymmenten ajan. Teoriasta poiketen vuodesta 1990 lähtien korkeasti koulutettujen työntekijöiden lisäksi myös kaikista matalimmin koulutettujen työntekijöiden työllisyys on parantunut samalla kuin työllisyysaste on pienentynyt keskiosassa. Tämän seurauksena osaamistason, työllisyystilanteen ja palkan muodostama käyrä on ollut U-mallinen (Autor, Katz & Kearney 2006; 2008; Acemoglu & Autor 2011; Autor & Dorn 2013). Täten SBTC-malli ei enää pystynyt selittämään nousua korkeasti koulutettujen työntekijöiden lisäksi myöskään matalasti koulutettujen osalta. U-käyrä on kuvattu alla olevassa kuviossa.



Kuvio 2. Muutokset työllisyydessä suhteutettuna taitoihin Yhdysvalloissa 1970-2007. (Acemoglu & Autor 2011. Käännös kirjoittajan.)

Tätä ilmiötä on kutsuttu yleisesti työmarkkinoiden polarisaatioksi ja ilmiötä selittäviä hypoteeseja on useita. Seuraavissa alaluvuissa esitellään ensin Autorin ym. (2003) rutinoitumishypoteesi eli toiselta nimeltään automaation tehtävämalli (The Task Model). Tämän jälkeen seuraavassa alaluvussa kuvataan Freyn & Osbornen (2013) rutinoitumishypoteesiin pohjautuva jatkotutkimus automaation vaikutuksesta tulevaisuuden työtehtäviin. Tutkimukset pyrkivät selittämään työmarkkinoiden polarisaatiota ja selvittämään, minkälaiset ammatit ovat automatisoitavissa kokonaan. Kirjallisuuskatsaus antaa hyvän pohjan tutkimukselle digitalisaation ja automaation kehityksen vaikutuksesta tulevaisuuden työtehtäviin ja osaamistarpeisiin teknisten taitojen osalta teknologiayritysten näkökulmasta.

2.3.1 Autorin ym. (2003) selitys työmarkkinoiden polarisaatioon

Autorin ym. (2003) mukaan työtehtävien automatisointi ei riipu työntekijän koulutustasosta, vaan työtehtävien sisällöstä. Tällä perusteella tutkijat kehittivät mallin, jossa teknologioiden ja työntekijöiden vuorovaikutussuhde kuvataan työtehtävittäin. Tämän niin sanotun rutinisoitumishypoteesin mukaan tietokoneet korvaavat työntekijät rutiininomaisissa kognitiivisissa tai manuaalisissa työtehtävissä. Samalla ne täydentävät ihmisen työpanosta ei-rutiininomaisissa ongelmanratkaisukykyä tai monimutkaista kommunikaatiota vaativissa tehtävissä.

Autor ym. (2003) määrittelevät rutiininomaiset työtehtävät sellaisiksi, jotka tietokoneet voivat suorittaa seuraamalla ohjelmoinnissa annettuja sääntöjä. Hypoteesin mukaan digitalisaation ja automaation kehitys korvaa erityisesti keskitason koulutuksen omaavien rutiinityötehtävät, koska tällaisia tehtäviä ovat työt, jotka voidaan kuvata kohta kohdalta prosesseina tai sääntöjen avulla ja näin ollen automatisoida. Tällaisia työtehtäviä voivat olla esimerkiksi tehtaan manuaaliset liukuhihnatyöt tai kognitiiviset kirjanpidon työtehtävät. Robotit voivat suorittaa tällaisia työtehtäviä automaattisesti seuraamalla ohjeita ja ovat näin ollen automatisoitavissa. Ei-rutiininomaiset työtehtävät määritellään puolestaan sellaisiksi, joissa säännöt ja säännönmukaisuus eivät ole niin selkeitä, että ne voisi opettaa tietokoneille koodin avulla. Tällaisia tehtäviä ovat esimerkiksi työt, jotka vaativat abstraktia ongelmanratkaisua tai vuorovaikutteista kommunikaatiota. Mallin mukaan myöskään alhaista koulutusta vaativat manuaaliset työtehtävät, kuten siivous, eivät myöskään ole helposti automatisoitavissa, sillä esimerkkitehtävät tapahtuvat sellaisessa rakennetussa ympäristössä, että konetta ei voida opettaa suorittamaan tehtävää sääntöjen mukaisesti. Tästä syystä teorian mukaan käyrä on U-muotoinen, eikä automaatio ja digitalisaatio vaikuta suoraan matalan taidon työtehtäviin. Teorian mukaan digitalisaation kehityksellä on siis yhteys rutiininomaisten manuaalisten ja kognitiivisten työpaikkojen vähenemiseen sekä lisääntyneeseen kysyntään ei-rutiininomaisissa kognitiivisissa ammateissa ja se selittää työn polarisoitumista. Myös Beaduryn, Greenin & Saundin (2013) sekä Autorin & Dornin (2013) tutkimukset tukevat

Autorin ym. (2003) rutinoitumishypoteesia sekä havaintoja työn polarisoitumisesta matalan ja korkean taitovaatimuksen töiden välille, samalla kun keskitason osaajien tarve vähenee.

Rutinoitumishypoteesiin nojaten, Autor ym. (2003) tutkivat tehtävämallin (The Task Model) avulla, kuinka osaamistarve tulee muuttumaan työtehtäväkohtaisesti. He jakoivat tutkimuksissaan työt tehtävänsisällön perusteella rutiininomaisiin ja ei-rutiininomaisiin töihin ja tutkivat työn tarjonnan, kysynnän sekä palkan muutosta suhteessa tietokonepääoman hintaan. Mallissa on kolme muuttujaa: *taidot*, *teknologia* ja *palkka*. Näiden kolmen muuttujan suhde selitetään taitojen tarjonnalla ja kysynnällä. Teoriassa työntekijän taidot kuvaavat kykyä suorittaa erilaisia tehtäviä. Tehtävä kuvaa puolestaan suoritusta, jossa työntekijä käyttää taitojaan synnyttääkseen jonkun tuloksen, josta hänelle maksetaan palkkaa (Wage). Oletuksena on, että työtehtävän suorittaa joko työntekijä tai tietokone, riippuen siitä, kummalla on suhteellinen kilpailuetu työtehtävän suorittamisessa.

Autorin ym. (2003) tutkimuksen olettamusta.

- 1) Tietokonepääomalla voidaan korvata helpommin ihmisten tekemää työtä rutiininomaisissa tehtävissä kuin ei-rutiininomaisissa tehtävissä.
- 2) Rutiininomaiset ja ei-rutiininomaiset tehtävät ovat epätäydelliset substitootit keskenään.
- 3) Rutiininomaisten työpanosten suurempi intensiteetti nostaa ei-rutiininomaisten työpanosten rajatuottavuutta.

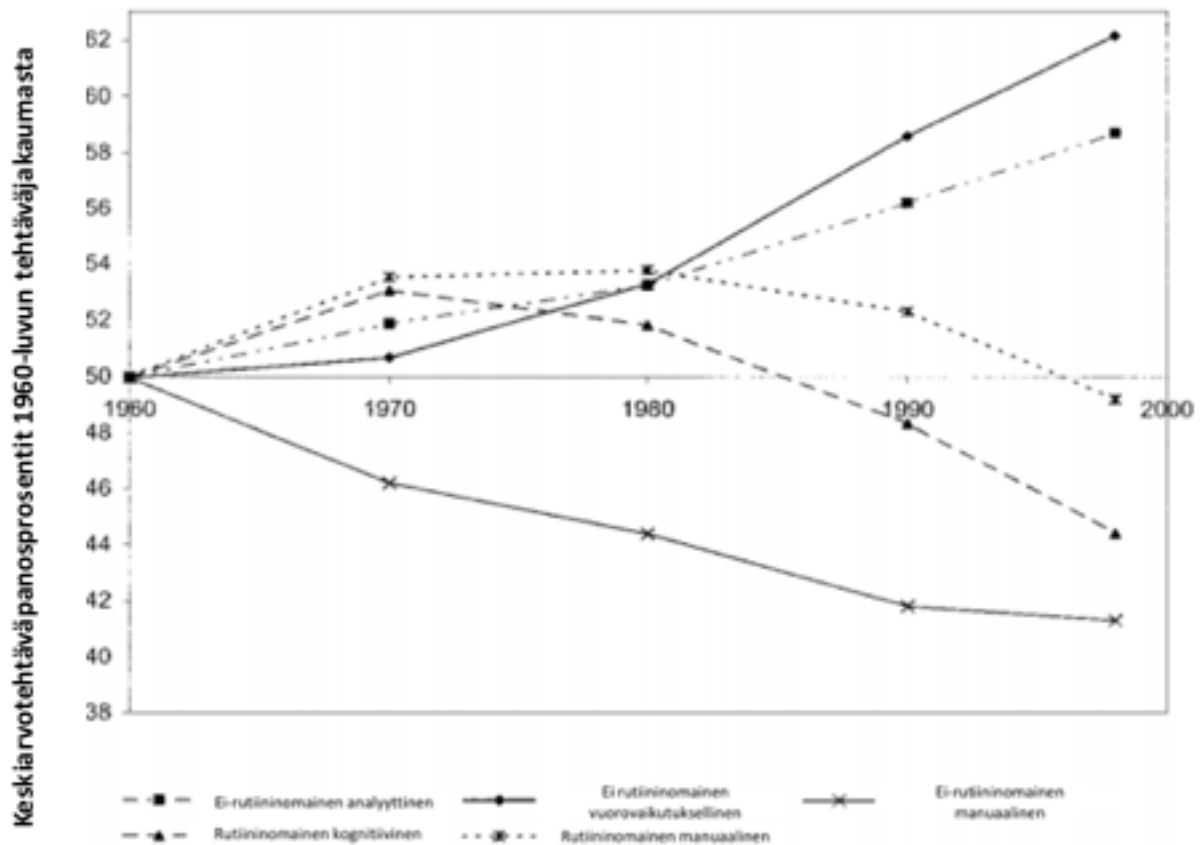
Näiden olettamusten perusteella Autor ym. (2003) tekivät tasapainomallin rutiininomaisten ja ei-rutiininomaisten työtehtävien välille niin, että nämä kaksi työpanoksen vaihtoehtoa tuottavat jotain tulosta Q , jota myydään hinnalla yksi. Tämä niin kutsuttu Cobb-Douglas-tuotantofunktion kaava on seuraavanlainen:

$$(Kaava 1) \quad Q = (L_R + C) L_N^{\beta}, \beta \in (0,1),$$

missä L_R = rutiininomainen työtehtävä ja L_N = ei-rutiininomainen työtehtävä, C = tietokonepääoma, jotka ovat mitattu tehokkuusyksikköinä (efficiency unit). Mallissa tietokonepääomaa tarjotaan markkinalla hintaan ρ , joka pienenee ajan myötä teknologian kehittyessä.

Rutinoitumishypoteesin johtopäätös on, että tietokonepääoman kustannusten aleneminen nostaa ei-rutiininomaisten työpanosten rajatuottavuutta. Hintojen alenemisen seurauksena työntekijät ovat siirtyneet ennistä enemmän ei-rutiininomaisten työtehtävien pariin eli joko U-käyrän alku- tai loppupäähän. Alkuperäessä ovat muun muassa ei-rutiininomaisten ”helppojen” manuaalisten töiden joukko ja loppupäässä vaikeammat

esimerkiksi insinöörien tekemät kognitiiviset työtehtävät. Nämä trendit on kuvattu tarkemmin seuraavassa kappaleessa. Tutkimuksen avulla Autor ym. (2003) osoittivat, että kysyntä on noussut erityisesti ei-rutiininomaisten taitojen kohdalla. Alla kuviossa 3 he ovat esittäneet, miten eri työtehtävien kysyntä on muuttunut vuosien 1960- välillä.



Kuvio 3. Muutokset työntekijöiden kysynnässä työtehtävien mukaan 1960 - 2000. (Autor, Levy & Murnane. 2003. Käännös kirjoittajan.)

Rutinoitumishypoteesi kuvaa, miten paljon työtehtävät ovat muuttuneet teknologian seurauksena historiassa, mutta teknologian arvaamattoman kehityksen takia tulevaisuus on vaikeammin ennustettavissa, kuten Armstrong & Sotala (2015) muistuttavat. Brynjofssonin & McAfeen (2011) mukaan olemmekin vasta alkutekijöissä uusien ihmistyötä korvaavien teknologioiden kehittämisessä. Tulevaisuuden vaikeasta ennustettavuudesta huolimatta työtehtävien sisällön ja osaamisvaatimusten muuttumiseen on tärkeää yrittää varautua. Tästä syystä Frey & Osborne (2013) yrittivät tutkimuksessaan ennustaa digitalisaation ja automaation vaikutusta Yhdysvaltojen työelämässä muokkaamalla Autorin ym. (2003) tehtävämallia omaan tutkimukseen sopivaksi. Mallia kutsutaan uudelleenvierailuksi tehtävämalliksi ”The Task Model Revisited”

2.3.2 Freyn & Osbornen (2013) selitys työmarkkinoiden polarisaatiosta

Ymmärtääkseen rutinoitumishypoteesin vaikutukset työelämään Frey & Osborne (2013) tekivät syväanalyysin siitä, miten tietokoneiden kyky automatisoida työtehtäviä vaikuttaa tulevaisuuden työelämään. Sen sijaan, että he olisivat tarkastelleet historiallisia trendejä, he pyrkivät tutkimuksessa tunnistamaan automaation pullonkauloja ymmärtääkseen työnjakoa koneiden ja ihmisten välillä tulevaisuudessa. Autorin ym. (2003) tehtävämallin päälle rakennetun tutkimuksen avulla he luokittelivat työtehtävät sen mukaan, kuinka todennäköisesti ne tullaan automatisoimaan tulevaisuudessa. Toisin kuin esimerkiksi Autorin ym. (2003) tai Autorin & Dornin (2013) tutkimuksessa väitettiin, Freyn & Osbornen (2013) mukaan etenkin alhaisia taitoja vaativat työtehtävät tullaan automatisoimaan tulevaisuudessa. Niinpä nämä tutkimustulokset tukevat osaaamista suosivan teknologiamuutoksen hypoteesia, STBC:ta (Skill-Biased Technological Change): mitä korkeampi osaamistaso, sitä vaikeammin työtehtävä on automatisoitavissa.

Tutkimuksessaan Frey & Osborne (2013) ottivat huomioon, että myös joitain ei-rutiininomaiset työtehtäviä on mahdollista automatisoida esimerkiksi tekoälyn avulla. Siinä missä Autorin ym. (2003) tehtävämallissa työtehtävät jaetaan rutiininomaisiin ja ei-rutiininomaisiin tehtäviin sen mukaan, onko niitä mahdollista automatisoida, Freyn & Osbornen (2013) käänteisessä tehtävämallissa jaottelu tehdään automatisoitavissa olevien tehtävien ja ei-automatisoitavissa olevien tehtävien välille. Ei-automatisoitavissa olevat tehtävät ovat mallin mukaan ns. ”automaation pullonkauloja”. Pullonkauloja ovat havainnointi- ja käsittelykyky, luova älykyys sekä sosiaalinen älykyys. Tällaiset tehtävät ovat vaikeasti automatisoitavissa, koska niiden säännöt ovat vaikeasti opetettavissa koneille. Käänteisessä tehtävämallissa myös ei-rutiininomaiset työtehtävät ovat myös mahdollisesti siis automatisoitavissa koneoppimisen (ML) ja mobiilirobottien (MR) avulla. Yksi merkittävä ero näiden kahden mallin välillä on myös se, että Autor ym. (2003) olettivat, että joidenkin tehtävien automatisointi riippui teknologisen kehityksen lisäksi myös kustannuksista. Sen sijaan Freyn & Osbornen (2013) mallissa huomioidaan ainoastaan tekniset mahdollisuudet, eikä lainkaan kustannuspuolta.

Lisäksi historiallisten aineistojen tutkimisen sijaan Frey & Osborne (2003) yrittivät tunnistaa automatisoinnin pullonkauloja lähitulevaisuudessa. Tutkimuksen päätavoitteena oli tutkia ja analysoida sellaisten ammattien määrää, joita automatisaatio uhkaa. Lisäksi tutkimuksessa otettiin huomioon palkkojen ja koulutustason vaikutus automatisoinnin todennäköisyydelle. Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen tarkoituksena on viedä automaation vaikutuksen tutkimusta pidemmälle kuin Autor ym. (2003) ottamalla tutkimuksessa huomioon koneoppimisen (ML) ja mobiilirobottien (MR) kehityksen. Tutkimuksessa siis yhdistyy työmarkkinatrendit ja tietokoneohjattujen laitteiden mahdollisuudet.

Frey & Osborne (2013) muokkasivat edellisessä luvussa esitettyä Cobb-Douglasin tuotantofunktiota, jotta sen avulla voitaisiin ennustaa tulevaisuuden automaation vaikutuksia työtehtävien sisältöön paremmin. Erona alkuperäiseen Autorin ym. (2013) tehtävämalliin on tuotantopanos L_{NS} , joka ei rajoitu rutiininomaisiin työpanoksiin. Lisäys johtuu teknologisesta kehityksestä ML:n (Machine Learning) ja MR:n (Mobile Robotics) kohdalla sekä massadatan käytön lisääntymisestä, joka on mahdollistanut automaation myös ei-rutiininomaisiin työtehtäviin parantuneen kaavantunnistuksen ansiosta. Näiden perusteella funktio muokattiin huomioidaan myös teknologian kehityksen skaalaedut seuraavaan muotoon:

(Kaava 2)

$$Q = (L_S + C)^{1-\beta} L_{NS}^{\beta}, \beta \in (0,1),$$

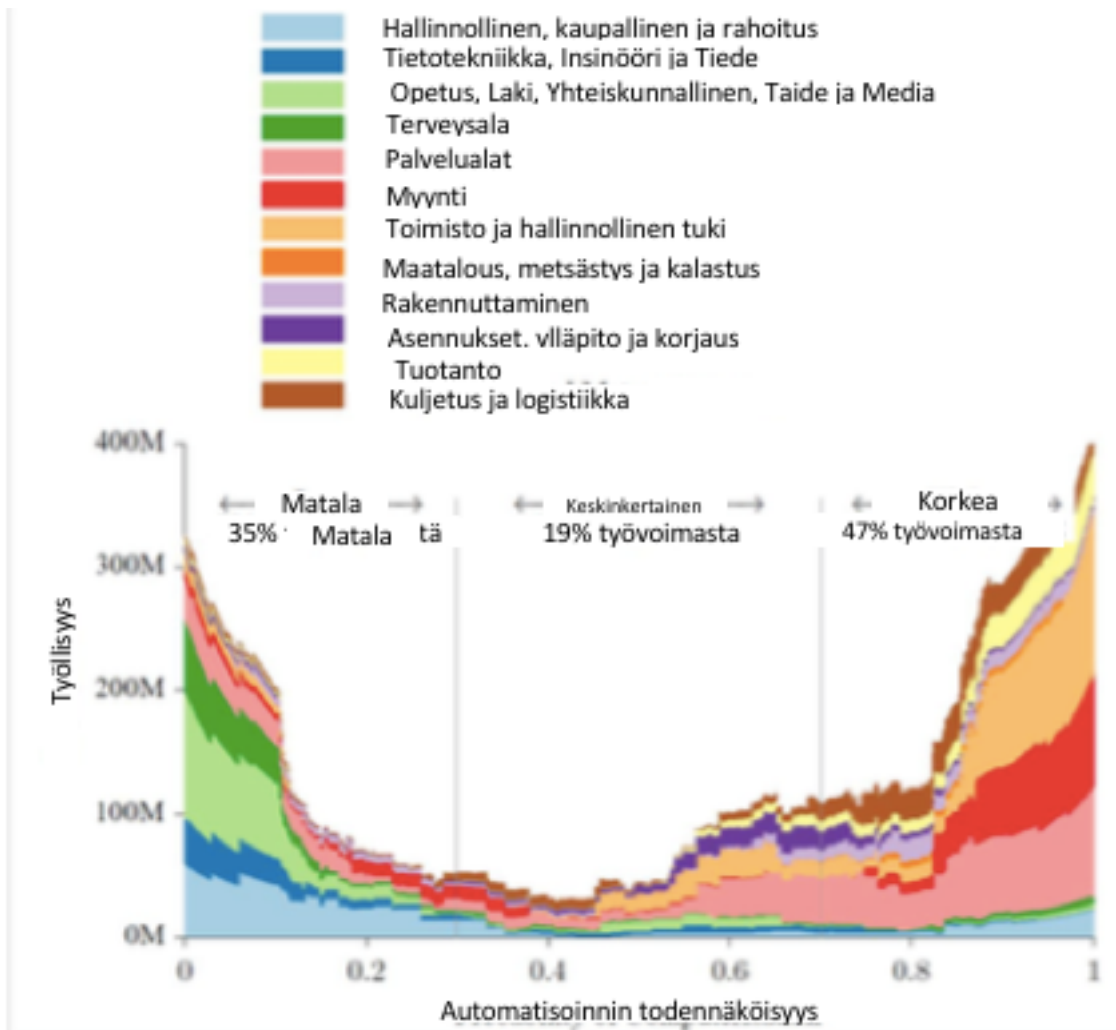
jossa L_S ja L_{NS} ovat muutokselle herkät ja ei-herkät työntekijöiden tuotantopanoset ja C tietokonepääoma. Funktiossa oletetaan, että tietokonepääomaa myydään tehokkuusyksiköittäin täydellisillä markkinoilla markkinahintaan ja hinta on laskeva ajan kuluessa teknologisen kehityksen myötä. Lisäksi mallissa oletetaan, samoin kuin Autorin ym. (2003) mallissa, että työntekijät koittavat maksimoida tulonsa heterogeenisillä kyvykkyyksillä tai lahjoilla sekä muutoksille herkissä että ei-herkissä tehtävissä. Automaation pullonkaulojen ja eksponentiaalisen kehityksen koneoppimisessa (ML) ja mobiilirobottien (MR) yhdistelmällä Frey & Osborne (2013) kuvasivat muutokselle ei-herkät työtehtävät seuraavasti:

(Kaava 3)

$$L_{NS} = \sum_{i=1}^n (L_{PM,i} + L_{C,i} + L_{SI,i}),$$

missä $L_{PM,i}$, $L_{C,i}$ ja $L_{SI,i}$ ovat työpanoksia, jossa vaaditaan havainnointi- tai käsittelykykyä, luovaa älykkyyttä tai sosiaalista älykkyyttä.

Näiden huomioiden perusteella Frey & Osborne (2013) jakoivat työtehtävät tutkimuksessa kolmeen kategoriaan: matalan, keskitason ja korkean riskin ammatteihin. Ammatit ovat kuvattu alla esitettyssä diagrammissa.



Kuvio 4. Vuoden 2010 ammatit Yhdysvalloissa kategorisoituna sen mukaan, kuinka todennäköisesti ne automatisoidaan. (Frey & Osborne 2013. Käännös kirjoittajan.)

Frey & Osborne (2013) jaottelun mukaan korkean riskin alueella ovat sellaiset ammatit, joiden automatisointi on todennäköistä ja matalalla alueella sellaiset, joiden automatisointi on hankalaa. Esimerkiksi ylläpidolliset tehtävät ovat korkean riskin alueella, kun taas esimerkiksi ohjelmointiin liittyvät työtehtävät ovat matalan riskin ammatteja. Matalan riskin ammattitehtävissä vaaditaan yleensä ihmisheuristiikkaa tai uuden kehittämistä. Raja-arvo matalan, keskitason ja korkean riskin ammattitehtävissä on 0.3 ja 0.7. Analyysinsä mukaan 47% työtehtävistä on automatisoitavissa seuraavan parin vuosikymmenen aikana. Analyysistä seuraa se, että on tärkeä tunnistaa sellaiset ammatit, joita ei todennäköisesti tulla automatisoimaan tulevaisuudessa, jotta työntekijöiden osaamista voidaan kehittää siihen suuntaan.

Muutoksen taso ja nopeus riippuu Freyn & Osbornen (2013) mukaan pullonkaulojen lisäksi tietokonepääoman P hinnasta sekä teknologian kehittymisestä ML:n ja R:n sekä erityisesti massadatan osalta. Massadatan käyttö mahdollistaa massadatan hyödyntämisen algoritmien tekemisessä, joilla voidaan automatisoida monimutkaisiakin prosesseja. Lisäksi mobiilirobottien kehittyessä voidaan alkaa automatisoimaan myös vaikeita tuotantoprosesseja. Algoritmien ja robottien kehittyessä automaatio tulee vaikuttamaan myös matalan riskin työtehtävien sisältöön, mutta tätä kehityskulkua hidastavia tekijöitä käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

Autorin ym. (2003) sekä Freyn & Osbornen (2013) mukaan tietokoneet ja internet korvaavat siis asteittain ihmisen tekemiä työtehtäviä sitä mukaan, kun koneet saavuttavat suhteellisen edun työtehtävien toteuttamisessa. Monet tutkijat (mm. Autor ym. 2003; Autor ym. 2013; Frey & Osborne 2013) ovatkin erittäin huolissaan kehityskulusta, jossa tietokoneet ja robotit korvaavat ihmistyötä. Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen mukaan ihmiset säilyttävät kuitenkin kilpailuetunsa koneisiin nähden tulevaisuudessa etenkin sellaisissa työtehtävissä, joissa tarvitaan taitoja, jotka ovat automaation pullonkauloina.

Monia asioita on kuitenkin jäänyt tutkimatta ja huomioimatta aikaisemmissa tutkimuksissa. Freyn & Osbornen (2013) tutkimus ei esimerkiksi huomioi lainkaan 2010 vuoden jälkeen syntyneitä työtehtäviä, joten tutkimuksessa ei analysoitu tulevia työtehtäviä eikä myöskään sitä, että automaation seurauksena työntekijöille jää aikaa keskittyä mielekkäämpiin ja luovuutta vaativiin työtehtäviin. Tutkimuksessa ei olla huomioitu myöskään riittävällä tasolla teknologian kehitystä mahdollisesti hidastavia tekijöitä. Myöskään työtehtävien heterogeenisuutta ei ole huomioitu. Niinpä tässä tutkimuksessa pyritään huomioimaan myös edellä mainitut asiat joita Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksessa ei otettu huomioon. Aikaisempia tutkimuksia ja FSSF-arviointimatriisia käyttämällä tässä tutkimuksessa pyritään tunnistamaan sellaiset tekniset taidot, joiden avulla ihmiset pysyvät kilpailukykyisinä koneisiin nähden myös tulevaisuudessa. Tutkimuksessa hyödynnetty FSSF-arviointimatriisin on kuvattu seuraavassa luvussa. Myös mm. Freyn & Osbornen (2013) esittämät automaation pullonkaulat on kuvattu tarkemmin samassa luvussa.

3 FSSF-arviointimatriisi apuna tulevaisuuden teknisten taitojen tunnistamisessa

Tulevaisuuden teknisiä osaamistaitoja tarkastellaan tässä tutkimuksessa Future Signals Sense-making Frameworkin eli FSSF-arviointikehikon avulla. Tulevaisuuden tutkimuksen professori Tuomo Kuosa (2010) kehitti tämän arviointimatriisin, jonka avulla voidaan lajitella ja tarkastella tulevaisuustietoa. Tässä tutkimuksessa arviointimatriisia on hyödynnetty tulevaisuustiedon keräämisessä haastattelusapluunana teemahaastattelussa. Kuosan (2010) mukaan tulevaisuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kolmeen yläluokkaan: Heikkoiksi signaaleiksi, draivereiksi ja suuriksi kehitystrendeiksi. Nämä kaikki kolme luokkaa on kuvattu myös alla olevassa FSSF-arviointimatriisissa.

Taulukko 1. FSSF-arviointimatriisi. Kukin kenttä täytetään aiheeseen liittyvällä tiedolla. (Kuosu 2010).

A. Heikot signaalit (Suorat havainnot muutoksesta)	1. Havainto siitä, että jotain on muuttumassa (seed of change) (Yllättävä, huvittava tai "ärsyttävä" havainto liittyen teemaasi - jotain on ehkä muuttumassa, mutta sitä on vaikea pukea sanoiksi)	2. Havainto siitä, että kaikki jatkuu ennallaan (business as usual) (Havainnot, jotka tukevat näkemystä siitä, että kehitys jatkuu kuten tähän asti)
B. Draiverit (Muutokseen ajavat tekijät)	3. Muutokseen työntävä tekijä (push) (Taloudellinen resursointi, poliittinen tuki, tekninen edistysaskel, uusi idea, innovaatio tai muutosprosessi yms.)	4. Muutokseen vetävä tekijä (pull) (Tarpeet - sosiaalinen tilaus, visiot, yhteiset tavoitteet, intressit, arvot jne.)
C. Suuret kehitystrendit (Pitkäaikaiset kehityspolut ja historian painolastit)	5. Suuret muutosta hidastavat tekijät (weights) (Historialliset painolastit, lait, arvot, saavutetut edut, byrokratia, tabut, mantrat, uskomukset, hierarkiat, raja-aidat, tekniset ja taloudelliset pullonkaulat yms.)	6. Pitkäaikaiset kehityspolut ja "oma-lakiset" rakenne-muutokset (trends) (Trendit, polku-riippuvuudet, autokatalyysit, kerrannaisvaikutukset, kausaliitteitit yms.)

Tässä luvussa näitä kolmea luokkaa käsitellään tulevaisuuden teknisen osaamistarpeiden näkökulmasta. Yllä esitetty taulukko täytetään kirjallisuuskatsauksen avulla. Täytettyä kehikkoa käytetään tutkimuksen viitekehysenä ja se on kuvattu tarkemmin luvussa neljä. Hiljaiset signaalit -kohta täytetään vasta teemahaastatteluvaiheessa, sillä niiden tunnistaminen vaatii vankkaa asiantuntijuutta.

3.1 Heikot signaalit (A)

FSSF-aulukon kohtien A1 ja A2 tulevaisuuden osaamistarpeisiin vaikuttavia heikkoja signaaleita on vaikea havaita, varsinkin, jos ei työkseen tutki niitä. Siksi tässä tutkimuksessa heikkojen signaaleiden arvioiminen on jätetty tutkimuksessa haastateltaville asiantuntijoille. Heikot signaalit ovatkin yleensä yksittäisten ihmisten tekemiä yllättäviä tulkintoja uudesta tulevaisuustiedosta. Kuosan (2010) mukaan heikkoja signaaleita pidetään yleisesti eriskummallisina ja sattumanvaraisina ilmiöinä. Heikot signaalit ovat siis ikään kuin ensioireita muutoksesta, joka saattaa olla tulevaisuudessa merkittävä. Niiden tunnistaminen täydentää ja haastaa suuriin kehityskuluihin perustuvaa tulevaisuustietoa, ja yritykset usein tutkivatkin niitä tunnistaakseen uusia ideoita, innovaatioita, trendejä ja muita uusia tulevaisuuden skenaarioita. Kuosa (2010) on jaotellut heikkojen signaaleiden ominaisuudet viiteen:

1. Uutuus: heikko signaali on merkki uudesta asiasta tai vanhan asian uudesta puolesta
2. Yllättävyys: heikko signaali on tulkitsijalleen yllättävä
3. Haastavuus: heikko signaali pakottaa haastamaan oletuksia nykyisestä ja siksi se on usein vaikea huomata tai helppo jättää huomiotta
4. Merkityksellisyys: heikko signaali kuvaa asiaa, jolla voi olla tulevaisuudessa vaikutus
5. Viive: heikko signaali kertoo asiasta, joka ei vielä ole merkittävä, vaan vaatii vielä aikaa kypsyäkseen

Mannermaa (1999, 32-37) jakoi heikot signaalit edelleen kahteen kategoriaan: todellisiin heikkoihin signaaleihin ja merkityksettömään ärjyntään (meaningless roaring). Mikäli havaitulla uudella ilmiöllä on potentiaalia vaikuttaa merkittävästi tulevaisuuden kulkuun, mutta sen toteen käyminen on epätodennäköistä, on kyseessä todellinen heikkosignaali. Sellaiset epätodennäköisesti toteutuvat ilmiöt, joiden vaikutus toteen käydessä olisi pieni, on Mannermaan (1999) mukaan puolestaan merkityksetöntä ärjyntää. Tässä tutkimuksessa pyritään tunnistamaan haastatteluiden kautta todellisia heikkoja signaaleita, jotka saattavat vaikuttaa tulevaisuuden osaamistarpeisiin.

3.2 Draiverit (B)

Kuosan (2010) mukaan on olemassa sekä työntäviä (B3) että vetäviä (B4) drivereita. Vetävät draiverit ovat kysyntä- tai tarvelähtöisiä tekijöitä, jotka liittyvät työntävien drivereiden kehitykseen. B4-kohta täytetään heikkojen signaalien tapaan haastateltavien asiantuntijoiden kanssa. Kuosan (2010) mukaan kohta B3 voi

liittyä esimerkiksi nouseviin uusiin teknologioihin. Tässä tutkimuksessa tutkimuksen kohteena ovat nimenomaan digitaaliset teknologiat, joten B3-kohta täytetään merkittävillä teknologioilla, jotka todennäköisesti vaikuttavat tulevaisuuden osaamistarpeisiin. Myös Butterin ym. (2014) mukaan digitalisaatioon liittyviä uusia teknologioita yhdistelemällä voi syntyä täysin uusia osaamistarpeita. Neljännen teollisen vallankumouksen merkittävimpiä digitaalisia teknologioita ovat *pilviteknologiat*, *IoT*, *As a Service*, *alustalous*, *lohkoketjuteknologiat*, *3D-tulostus*, *massadata* ja *tekoäly*. On tärkeää ymmärtää, mitkä teknologiat vaikuttavat tulevaisuuden työntekoon, jotta osaamistarpeita pystytään ennustamaan.

3.3 Suuret kehitystrendit (C)

Teknologian kehitys ja digitalisaation trendit muokkaavat olemassa olevia työtehtäviä synnyttäen samalla uusia ammatteja. Näiden trendien seurauksena työ on murrostilassa, yritykset tarvitsevat tulevaisuudessa erilaista osaamista kuin nykypäivänä, kun yritysten osaamistarve muuttuu. Osaamistarpeen muutoksen nopeuden seurauksena yrityksiä on otettava yhä aktiivisempaa otetta haasteisiin vastaamiseksi ja strategian luomiseksi yritysten on tärkeä tunnistaa muutosta aiheuttavat trendit (Barney & McKenzie 2017).

Kohdan C suuret kehitystrendit kuvaavat Kuosan (2010) mukaan kriittisimpiä kehitystrendejä käytännön elämästä. C5-kategorian asiat voidaan kuvata laajamittaisiksi kehityksen häiriötekijöiksi, kun taas C6-kohdassa on kuvattu suuria, lineaarisia ja selkeitä kehityskulkuja eli megatrendejä. Kehitystrendejä tarkastellessa on tärkeää huomioida kehityksen esteenä olevia pullonkauloja, jotka hidastavat muutosta. (Talvela & Stenman 2012.) C5-kohdan kehitystä hidastavat tekijät määritellään tässä tutkimuksessa Freyn & Osbornen (2013) esittämiksi automaation pullonkauloiksi.

3.3.1 Hidastavat tekijät (C5)

Vaikka digitalisaation ja automaation kehitys on kiihtyvää, kehityksen vauhtiin ja työtehtävien muutosnopeuteen vaikuttavat Freyn & Osbornen (2013) mukaan niin sanotut automaation pullonkaulat. Pullonkauloilla viitataan sellaisiin työtehtäviin, joita koneet eivät voi tehdä lähitulevaisuudessa, sillä niitä ei pystytä määrittämään esimerkiksi koodaamalla tai algoritmien avulla. Automaation pullonkauloja ovat kolmenlaiset työtehtävät: havainnointi- ja käsittelykykyä, luovaa älykkyyttä tai sosiaalista älykkyyttä vaativat tehtävät.

Havainnointi- ja käsittelykykyä vaativat tehtävät

Havainnointi- ja käsittelykykyä vaativat tehtävät ovat Freyn & Osbornen (2013) mukaan digitalisaatiota ja automaatiota kehitystä hidastavia pullonkauloja, varsinkin kun niitä suoritetaan epämuodollisissa (unstructured) tilanteissa. Tällaiset tehtävät vaativat sensorimotorisia taitoja, joita ihmiset oppivat jo varhaisessa vai-

heessa, mutta ovat koneille haastavia. Sensorimotoriset taidot liittyvät ympäristössä toimimiseen ja ne opitaan tyypillisesti kokeilemisen ja erehtymisen kautta. Tällaisissa tehtävissä ympäristöä aistitaan näkö-, kuulo-, haju-, maku- tai tuntoaistin avulla ja toiminta mukautetaan havaintojen perusteella. Koneita on vaikea opettaa toimimaan ympäristöltä saatujen havaintojen mukaisesti ja tästä syystä tällaiset tehtävät ovat haastavia automatisoida. Freyn & Osbornen (2013) mukaan epäsäännölliset ja monimutkaiset ei-rutiininomaiset työtehtävät ovat turvassa automaatiolta niin kauan, kunnes koneet oppivat havainnoimaan ympäristöä paremmin. Myös sellaiset tehtävät, jotka vaativat epäsäännönmukaisten kappaleiden käsittelyä, ovat vaikeasti automatisoitavissa. Nämä tehtävät vaativat usein virheiden tunnistusta ja oikaisemista, usean eri toimenpiteen yhdistämistä esineen liikuttamiseksi ja responsiivisten manipulaattorien suunnittelua (Frey & Osborne 2013).

Havainnointikykyä vaativien työtehtävien automatisoinnin haasteista huolimatta, esimerkiksi Amazonin suunnittelemat robotit voivat työskennellä epäsäännönmukaisissa varastoissa lattialla olevien tarrasensorien avulla. Tämä on Guizzon (2008) mukaan osoitus, että myös havainnointikykyä vaativat tehtävät ovat automatisoitavissa hyvällä suunnittelulla. Myös havainnointikykyä vaativat tehtävät ovat Brownin ym. (2010) mukaan osittain automatisoitavissa hyvällä tehtäväsuunnittelulla. Robotics-Vo (2013) arvelee, että havainnointi- ja käsittelykykyä vaativien tehtävien automatisoinnin pullonkaulat voidaan ylittää seuraavien vuosikymmenten aikana.

Luovaa älykkyyttä vaativat tehtävät

Freyn & Osbornen (2013) mukaan myös luovaa älykkyyttä vaativat tehtävät ovat pullonkaulana digitalisaation ja automaation kehitykselle. Tällaiset tehtävät vaativat muun muassa niin sanottua alkuperäisyyttä (originality) ja taiteellisuutta. Frey & Osborne (2013) viittaavat alkuperäisyydellä luovaan taitoon tuottaa ratkaisuja ongelmiin, nokkelien ja luovien ideoiden tuottamiseen sekä esimerkiksi vitsailuun. Taiteellisuus viittaa heidän mukaansa puolestaan teorian ja tekniikoiden tuntemukseen esimerkiksi musiikin säveltämisessä, taiteen tuottamisessa tai teatterin esittämisessä. Tietokoneet eivät siis pysty ainakaan toistaiseksi tekemään esimerkiksi tutuista asioista uusia järkeenkäyviä yhdistelmiä. Bodenin (2003) mukaan tietokoneiden on vaikea toteuttaa luovaa älykkyyttä vaativia tehtäviä, sillä ihmisen psykologiset prosessit on vaikea määritellä ja ne vaativat laajaa ymmärryspohjaa. Lisäksi hänen mukaansa ihmiset eivät itsekään aina ymmärrä luovaa prosessia, eikä sitä näin ollen voi opettaa tietokoneillekaan. Näistä syistä johtuen Freyn & Osbornen (2013) mukaan luovaa älykkyyttä vaativia tehtäviä ei todennäköisesti ole mahdollista automatisoida seuraavien vuosikymmenten aikana.

Sosiaalista älykkyyttä vaativat tehtävät

Kolmantena Freyn & Osbornen (2013) mukaan digitalisaatiota ja automaatiota hidastaa sosiaalista älykkyyttä vaativat tehtävät, jotka liittyvät sosiaaliseen havainnointikykyyn, neuvotteluun, suostutteluun sekä muista välittämiseen. Sosiaalinen havainnointikyky liittyy muiden reaktioiden tulkitsemiseen ja niiden taustalla olevien syiden ymmärtämiseen. Neuvottelutaidot liittyvät puolestaan kykyyn saavuttaa yhteisymmärrys ja sovittaa asioita. Suostuttelutaito on puolestaan muiden vakuuttamista muuttamaan mielipidettä tai käytöstä oman mielen mukaiseksi, kun taas välittäminen vaatii empatiaa ja henkistä tukemista.

Tutkijat ja tuotekehittäjät ovat tehneet paljon töitä sosiaalista älykkyyttä vaativien työtehtävien automatisoimiseksi esimerkiksi tunteisiin liittyvän tietojenkäsittelyn (Affective Computing) (Scherer, Bänziger & Roesch 2010; Picard, 2010) ja sosiaalisten robottien (Broekens, Heerink & Rosendal 2009) saralla, mutta edelleen kehityksen pullonkaulana on reaaliaikainen tunteiden tunnistus ja niihin vastaaminen.

Freyn & Osborne (2013) esittävät, että ihmisaivojen jäljittely eli aivojen skannaus, kartoitus, ja digitalisoiminen voisi mahdollistaa koneiden kykyä suorittaa sosiaalista älykkyyttä vaativia tehtäviä. Sandbergin & Bostromin (2008) mukaan on kuitenkin hyvin epätodennäköistä, että tässä onnistutaan seuraavien vuosikymmenten aikana, mutta ajallaan tässä onnistutaan ja silloin vaikutus työntekoon tulee olemaan todella merkittävä.

3.3.2 Suuret kehitystrendit (C6)

Suurilla kehitystrendeillä tarkoitetaan trendejä ja megatrendejä, jotka kuvaavat kehityssuuntia. Tässä tutkimuksessa tarkasteltavat suuret kehitystrendit ovat digitalisaatio ja automaatio. Trendi on ilmiön kehityssuunta tai olemassa olevan muutoksen suunta, joka voi jatkua myös tulevaisuudessa. Megatrendi on puolestaan suurempi trendi, jolla tarkoitetaan kehityksen suurta linjaa, ilmiötä tai kokonaisuutta, joka todennäköisesti jatkuu myös tulevaisuudessa. Megatrendejä kuvaillaan myös laajalle levinneiksi, voimakkaiksi ja pitkäkestoisiksi ilmiöiksi, jotka vaikuttavat laajasti ihmisten eri elämänalueille. (Kamppinen, Malaska & Kuusi 2002, 26 - 35, 38; Kuusi & Kamppinen 2002, 120; Hiltunen 2012, 79, 94, 108,139.) Suurilla kehitystrendeillä kuvataan pitkäaikaisia kehityspolkuja eli jo käynnissä olevia muutosprosesseja.

Teknologinen kehitys on kiistatta yksi suurista trendeistä, joka tulee muokkaamaan työtehtäviä ja osaamistarpeita. Erityisesti automaation ja digitalisaation vaikutus työelämään on laajasti keskusteltu aihe. Esimerkiksi Autor & Handel (2013) ja OECD (2014) korostavat automaation ja digitalisaation vaikutusta tulevaisuuden osaamistarpeiden arvioinnin haasteena.

Digitalisaatio

Digitalisaatio on selkeästi yksi merkittävimmistä globaaleista megatrendeistä, mutta monisyisenä ilmiönä sitä on vaikea ymmärtää. Ilmiönä digitalisaatio assosioidaan yleensä menestyneisiin yrityksiin, kuten Googleen, Facebookiin, Amazoniin, Uberiin tai Appleen, mutta se on myös paljon muutakin kuin menestystarinoita. Se muuttaa toimintamalleja kaikissa yrityksissä ja liiketoiminnoissa ja laajemmassa mittakaavassa koko yhteiskunnassa. Muutoksen nopeutta on kuitenkin vaikea arvioida, mutta on selvää, että se tulee vaikuttamaan ja muuttamaan yritysten liiketoimintamalleja, työtehtävien sisältöä ja niiden vaatimaa osaamista. Muun muassa PwC (2013) ja Parviainen, Federley, Federlrenman & Seisto (2017) painottavat, että digitalisaatio tulee muuttamaan työkuvia ja osaamisvaatimuksia, minkä takia yritysten tulee valmistautua muutokseen. Kumpikin tutkimus korostaa lisäksi, että digitalisaatiota ei pysty hidastamaan, vaan siihen tulee vastata mahdollisimman laaja-alaisella ja ajankohtaisella osaamisella. Yritysten näkökulmasta tässä muutoksessa edelläkävijäyritykset saavuttavat suurimmat hyödyt muun muassa uusien liiketoimintamahdollisuuksien myötä, joten on tärkeää varautua ja valmistautua muutokseen ja hankkia strategista näkemystä digitalisaation vaikutuksista. (Kokkonen 2018.) Digitalisaatio on tällä hetkellä talouskasvun ajurina ja sen ennustetaan uhkakuvista huolimatta luovan uusia työpaikkoja enemmän kuin poistavan vanhoja.

Digitalisaatiolle on useita määritelmiä, mutta esimerkiksi Gartner (2016a) korostaa uusien teknologioiden myötä syntyviä liiketoimintamahdollisuuksia. Hänen mukaansa digitalisaatio tarkoittaa digitaalisten teknologioiden hyödyntämistä liiketoimintamallien muokkaamisessa ja parantamisessa sekä ylipäättänsä näiden teknologioiden hyödyntämistä liiketoiminnassa. Määritelmässä korostuu nimenomaan muutos, eli kyse ei ole pelkästään uudesta teknologiasta, vaan tavasta toteuttaa liiketoimintaprosesseja uudella tavalla. Digitalisaatioon liittyykin siis lukuisia uusia teknologioita, joiden mukana on syntynyt uusia ilmiöitä ja asiakokonaisuuksia. Näihin teknologioihin liittyy erityisesti suurten tietomäärien hallintaa, koneiden ja automaatiojärjestelmien välistä kommunikointia sekä tarkkoja simulointi- ja kuvausmenetelmiä. Näiden osa-alueiden kehitys on välttämätöntä älykkäiden tuote- ja palvelutuotannon rakentumiselle, jotka ovat digitalisaation myötä syntyviä uusia liiketoiminta-alueiden ilmentymiä. (Pöyskö ym. 2016.)

Automaatio

Digitalisaatio ja automaatio ovat vahvasti kytköksissä toisiinsa, sillä digitalisaation ilmentymät, kuten IoT ja tekoäly vauhdittavat muun muassa automaatiorobottien kehittymistä (Pöyskö ym. 2016). Monet merkittävät työelämää mullistavista ja osaamistarvetta muokkaavat digitalisaation teknologiat ja ilmiöt liittyvätkin nimenomaan työtehtävien automatisointiin. Automaatiolla tarkoitetaan aiemmin ihmisten tekemien työteh-

tävien automatisoimista tietokoneen ohjaamalla laitteella (Frey & Osborne 2017). Massadata ja sen käsittelykyky on automaatioissa kriittisessä roolissa, kun entistä monimutkaisempia prosesseja pyritään automatisoimaan (Ernst & Young 2014). Massadatan avulla rutiininomaisten työtehtävien lisäksi myös ei-rutiininomaiset työtehtävät ovat laaja-alaisesti automatisoitavissa (Frey & Osborne 2013).

Neljännän vallankumouksen automaation teknisiä sovelluksia ovat muun muassa ohjelmistorobotit, kognitiivinen automaatio eli oppiva tekoäly ja sosiaaliset robotit (Zarkadis, Jesusthasan & Malcolm 2016). Vaikka teknologian muutos ja esimerkiksi työtehtävien automaatio aiheuttaa huolia työpaikkojen katoamisesta (mm. Frey & Osborne 2013), tutkimukset osoittavat, että historiallisesti teknologian muokatessa työpaikkoja, niiden määrä on pysynyt suhteellisen samana (Baker & McKenzie 2017). Samalla kun vanhoja ammatteja katoaa robottien korvatta ihmisiä rutiininomaisissa työtehtävissä, on kuitenkin selvää, että automaatio muokkaa nykyisiä työtehtäviä ja synnyttää kokonaan uudenlaisia osaamistarpeita. Esimerkiksi Deloitte (2015) mukaan teknologian kehitys ja automaatio synnyttää vuosittain tuhansia uudenlaisia työtehtäviä, minkä seurauksena yritykset tarvitsevat uudenlaista teknistä osaamista.

Rutiininomaisten tietotyön työtehtävien automatisointi ohjelmistorobotiikalla (Robotic Process Automation, RPA) on yksi käytännönesimerkki ihmisen korvaamisesta automaatiolla. RPA tarkoittaa ohjelmaa, joka jäljittelee ihmisen tapaa työskennellä rutiininomaisissa työtehtävissä, joissa tarvitaan paljon toistoja, mutta ei niinkään päättely- tai ongelmanratkaisukykyä. (Rassa 2017.) Ohjelmistorobotti opetetaan siis jäljittelemään ihmisen tekemää manuaalista tietotyötä, jolloin ihmisen työpanos vapautuu johonkin luovempaan tehtävään (Lacity & Willcocks 2016).

Toisena esimerkkinä työn automaatiosta Zarkaris ym. (2016) nostavat esille kognitiivisen automaation eli oppivan tekoälyn tai kolmannelta nimeltään keinoälyn. Tekoälyllä voidaan automatisoida ohjelmistorobotiikasta poiketen nimenomaan ei-rutiininomaisia monimutkaisia luovuutta vaativia tehtäviä. Esimerkiksi kognitiivista automaatiota on käytetty massadatan analysoimisessa niin, että tietokoneohjelma on tunnistanut kuvioita ja ymmärtänyt dataa, mihin on yleensä tarvinnut ihmisen päättelykykyä. Kognitiivinen automaatio on paljon monimutkaisempi prosessi kuin ohjelmistorobotiikka. Siinä tekoälyä tulee ”opettaa” suurella määrällä tietoa ennen käyttöönottoa ja se vaatii monimuotoista tiedonkäsittelyä ja ohjelmistokoodia toimiakseen. Sen opettaminen on verrattavissa ihmisen opettamiseen ja se voi viedä vuosia (Lacity, Willcocks & Craig 2017.) Kognitiivinen automaatio voi tunnistaa myös puhetta ja sitä onkin käytetty myös esimerkiksi keskusteluroboteissa hyödyksi. Yhtenä oppivan tekoälyn osa-alueena koneoppimisessa koneita opetetaan löytämään ratkaisuja ongelmiin datan avulla ja samalla kehittymään automaattisesti paremmaksi työssään. Gartner (2016) ennustaa sen tulevan suureksi trendiksi muutaman vuoden sisällä, ja esimerkiksi IBM ja Google ovat sijoitta-

neet miljardeja koneoppiviin algoritmeihin. Koneoppimista hyödynnetään esimerkiksi Googlen hakukoneessa, kun palvelu oppii tietokantojen avulla satojen miljoonien käyttäjien toimintaa niin, että hakukone voi ennustaa, mitä haluat löytää ja mistä haluat saada lisätietoja (Paukku 2016). Kolmannessa esimerkissä, eli sosiaalisissa roboteissa, yhdistyy puolestaan sekä ohjelmistorobotiikan että kognitiivisen automaation piirteitä, sillä siinä automatisoidaan sekä rutiininomaisia, että ei-rutiininomaisia tehtäviä. Tällaisia robotiikkaa hyödynnetään esimerkiksi lentokoneissa ja itseajavissa autoissa. (Zarkaris ym. 2016.)

Tietokoneet pystyvät hallitsemaan ja hyödyntämään laskuissa laajoja datamääriä ja ne pystyvät jopa tunnistamaan massadatasta kaavoja paremmin kuin ihmiset. Työläissä laskentatoimea vaativissa tehtävissä koneet suoriutuvat jo huomattavasti paremmin kuin ihmiset tekemänsä työn skaalautuvuuden avulla (Campbell-Kelly 2009). Esimerkiksi petosten havaitsemisessa tarvitaan sekä päätöksentekokykyä että kaavojen tunnistamista isosta määrästä dataa, ja nämä tehtävät voidaan automatisoida ja tehdä lähes kokonaan ilman ihmistä (Phua, Smith & Gayler 2010).

Freyn & Osbornen (2013) mukaan isot koodikirjastot mahdollistavat tulevaisuudessa myös koodaamisen automatisoinnin. Heidän mukaansa on mahdollista, että algoritmit oppivat kirjoittamaan koodia laadukkaasti, jopa ihmisten asettamien laatustandardien mukaisesti. Toisaalta koneet eivät ole vielä kaikissa tapauksissa kykeneväisiä tuottamaan samaa laatua kuin ihmiset. Esimerkiksi kieltenkääntäjät, kuten Google Translator, eivät ole ainakaan toistaiseksi pystyneet vielä samaan laatuun kuin ihmiset. Jää siis nähtäväksi, tuleeko automaatio viemään töitä esimerkiksi ohjelmoijilta ja millä aikavälillä muutos tapahtuu.

Tietotyön automatisoiminen tarkoittaa samalla, että ihmisille jää aikaa johonkin muuhun työtehtävään, kun rutiininomaiset työt hoituvat jatkossa esimerkiksi ohjelmistorobotiikan, tekoälyn tai koneoppimisen avulla. Ihmisiä tarvitaan edelleen luovuutta, ongelmanratkaisutaitoja, arviointikykyä ja tunneälyä vaativissa jäsentämättömissä työtehtävissä. Ihmisillä jää enemmän aikaa muun muassa uusien liiketoimintaratkaisuiden ja -palveluiden luomiseen. (Lacity & Willcocks 2016). Uusien liiketoimintamallien ja teknologioiden myötä myös yrityksen tarvitsevat uudenlaisia teknistä osaamista työntekijöiltään.

Perinteisesti tietokoneistuminen ja automaatio on rajoittunut rutiininomaisten työtehtävien automatisointiin (mm. Autor ym. 2003; Goos, Manning & Salomons 2009; Autor & Dorn 2013), mutta nyt automaatiolla ja kaavantunnistustekniikalla voidaan automatisoida monia ei-rutiininomaisia töitä (Brynjolfsson and McAfee, 2011; MGI, 2013), mikä tulee muuttamaan myös esimerkiksi ohjelmistokehittäjien työtehtäviä. Lisäksi kehittyneet robotit pystyvät koko ajan parantamaan aisteja ja näppäryyttä, joita vaaditaan manuaalisessa työssä (tasks (IFR 2012; Robotics-VO, 2013; MGI, 2013), joten myös matalan riskin tekniset työtehtävät tulevat luultavasti muuttumaan.

Frey & Osborne (2013) korostavat, että automatisoinnilla on edelleen teknisiin työtehtäviin liittyviä pullonkauloja, eli tekniikan alalta joidenkin työtehtävien automatisointi on vaikeaa. Tutkimuksen mukaan lähes mikä tahansa teknisiä taitoja vaativa tehtävä on automatisoitavissa tulevaisuudessa, mikäli siitä saadaan riittävästi dataa kaavantunnistusta varten. Heidän mukaansa tietokoneistumisen aste 2000-luvulla riippuu siitä, kuinka nopeasti näistä pullonkauloista päästään yli.

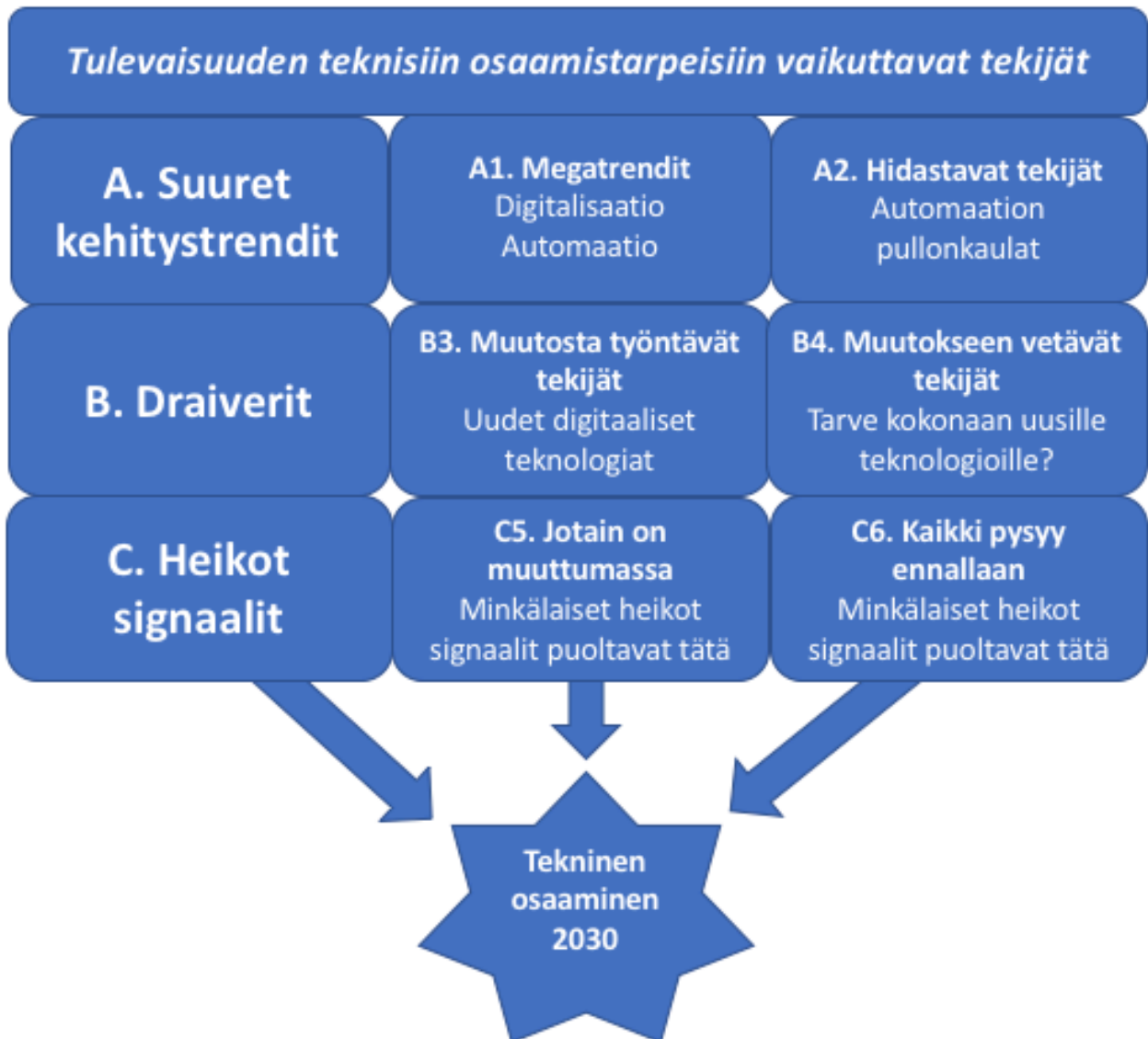
4 Tutkimuksen viitekehys

Tutkimuksen viitekehys kertoo, miten tutkimuksen ilmiötä lähestytään ja se ohjaa koko tutkimuksen kulkua (Uusitalo 1995, 42). Näin ollen viitekehys muodostaa tutkimukselle punaisen langan, jota tutkimus seuraa, sillä viitekehyksessä nostetaan esille aiheeseen liittyviä tärkeimpiä kysymyksiä.

Viitekehys on muodostettu tutkimusongelman näkökulmasta. Sen tarkoituksena on johdattaa lukija aiheeseen: miten digitalisaation ja automaation kehitys muuttaa työtehtäviä sekä yrityksen osaamistarpeita tulevaisuudessa? Viitekehys nojaa aikaisempien tutkimusten havaintoon siitä, että tulevaisuuden osaamistarpeita muokkaa erityisesti digitalisaation ja automaation kehitys. Esimerkiksi Freyn & Osbornen (2013) paljon viitattu tulevaisuustutkimus pyrki tunnistamaan tulevaisuuden osaamistarpeita uusia digitalisaatioon liittyviä teknologioita tarkastelemalla.

Tässä tutkimuksessa viitekehysten rakentamisessa hyödynnettiin luvussa 3 esiteltyä FSSF-arviontimatriisia. Matriisin käyttö sopii tilanteisiin, joissa yritys haluaa arvioida tulevaisuutta signaalien avulla. Se sopii myös erityisesti strategisen johtamisen työkaluksi, joten sen avulla pyritään antamaan tutkimuksen lopussa käytännön suosituksia yrityksille, minkälaista osaamista heidän kannattaa tulevaisuudessa tavoitella. Lisäksi menetelmä joustaa hyvin eri käyttötarkoituksiin, eikä se vaadi erityisosaamista. Sitä voidaan käyttää myös esimerkiksi teemahaastatteluiden haastattelusapluunana, kuten tässä tutkimuksessa on tehty. (Talvela & Stenman 2012 14-15.) Näin ollen FSSF-matriisin käyttö tutkimuksen viitekehysenä on luonteva ratkaisu. Siinä tulevaisuustieto pyritään kartoittamaan tarkastelemalla tiettyyn asiaan vaikuttavia heikkoja signaaleita, drive-reita ja suuria kehitystrendejä. Näitä kolmea eri tulevaisuustiedon luokkaa hyödyntäen lukija perehdytetään tutkimusongelman kannalta tärkeisiin muutosta ajaviin tekijöihin.

Kuosan (2010) mukaan FSSF-arviontimatriisia voidaan muokata omaan tutkimusaiheeseen sopivaksi hyödyntäen olemassa olevaa tutkimustietoa. Tätä periaatetta hyödyntäen tämän tutkimuksen viitekehys rakennettiin olemassa olevalla tiedolla siitä, mitkä kaikki tekijät vaikuttavat tulevaisuuden teknisiin osaamistarpeisiin etenkin digitalisaation ja automaation näkökulmasta. Alla oleva Kuosan (2010) kehittämä FSSF-arviontimatriisi, joka toimii tutkimuksen viitekehysenä, kuvaa digitalisaatioon ja automaatioon liittyviä tekijöitä, jotka vaikuttavat tulevaisuuden osaamistarpeeseen. Nämä kaikki kuusi tulevaisuustietoluokkaa (A1, A2, B3, B4, C5, C6) vaikuttavat teorian mukaan tulevaisuuden osaamistarpeisiin ja tämä yhteys on kuvattu viitekehyksessä. Alkuperäiseen FSSF-arviontimatriisiin verrattuna viitekehyksessä kohtien A ja B paikkaa on vaihdettu, sillä tämä järjestys on selkeämpi, kun viitekehystä käytetään haastattelusapluunana. Viitekehys on esitetty alla olevassa kuviossa 5.



Kuvio 5. Tutkimuksen viitekehys.

5 Aineisto ja tutkimusmenetelmät

Tässä luvussa esitellään tämän empiirisen kvalitatiivisen tulevaisuudentutkimuksen menetelmät, aineistonkeruu- ja sen analyysimenetelmät. Lisäksi perustellaan, miksi aineiston keräämiseen valittiin kyseiset menetelmät. Lopuksi arvioidaan menetelmien luotettavuutta. Koskisen, Alasuutarin & Peltosen (2005, 31-32) mukaan laadulliselle tutkimukselle on tyypillistä sen induktiivinen etenemistapa. Tällä tarkoitetaan sitä, että tutkija ei ole ennalta määritellyt hypoteeseja ja pyri tutkimuksessa todistamaan niitä, sillä se saattaisi vääristää tutkimustuloksia. Siksi tässä tutkimuksessakaan ei ollut asetettu olettamuksia siitä, mitä teknistä osaamista tulevaisuudessa tarvitaan, vaan ne muodostuivat aineiston keräämisen ja analysoinnin yhteydessä. Tutkimuksen näkökulma on kuvaileva tulevaisuustutkimus.

5.1 Kvalitatiivinen tulevaisuustutkimus

Tutkimuksessa hyödynnettiin tulevaisuudentutkimuksen menetelmiä. Varmaa tietoa tulevista teknisistä osaamistarpeista on mahdoton saada, mutta valistunein veikkaus tulevista tarpeista saadaan tulevaisuudentutkimuksen- eli futurologian menetelmillä. Tulevaisuudentutkimuksen menetelmänä aineiston keräämisessä hyödynnettiin viitekehityksenä käytettyä FSSF-arviontimatriisia. Tulevaisuuden tutkimuksessa jäljitetään, tunnistetaan ja analysoidaan erilaisia toimintaympäristöön vaikuttavia muutosvoimia (Rubin 2005). Näitä muutosvoimia käsittelemällä tutkimuksessa pyritään tunnistamaan teknologiayritysten tulevaisuuden teknisiä osaamistarpeita. Osaamistarpeiden tunnistaminen on tärkeää, sillä yrityksille ei enää riitä, että ne ovat ainoastaan selvillä siitä, mitä muutoksia niiden toimintaympäristössä tulee tapahtumaan, vaan niiden on myös oltava tietoisia tulevan muutoksen suunnasta ja seurauksista. (Becker 2002, 9.)

Beckerin (2002) mukaan tulevaisuudentutkimuksen menetelmiä käyttämällä yritysten on mahdollista saada kuva pitkän aikavälin haasteista ja mahdollisuuksista. Tulevaisuudentutkimuksen tuloksien avulla näihin haasteisiin ja mahdollisuuksiin pystyy valmistautumaan paremmin ja jopa hallitsemaan omassa toimintaympäristössä tapahtuvia muutoksia (Becker 2002, 9.) Tulevaisuudentutkimuksen menetelmien avulla on siis mahdollista hankkia riittävän luotettavaa tietoa tulevaisuudesta päätöksenteon tueksi, jolloin tulevaisuudentutkimusta voidaan käyttää suunnittelun tukena, mikä mahdollistaa pitkäjänteisen toiminnan ennakoimisen ja hyvän strategian luomisen. Ennakoimalla tulevaisuutta yritysten on mahdollista kehittää uusia ratkaisumalleja monimutkaisiltakin tuntuviin ongelmiin ja siten lisätä yksittäisen toimijan mahdollisuutta vaikuttaa halutun tulevaisuuden muodostumiseen oikean osaamisen avulla. (Becker 2002, 9.)

Tutkimuksen tutkimusote on metodologisesti kvalitatiivinen eli laadullinen. Laadullinen tutkimus pyrkii luomaan tutkittavasta ilmiöstä kokonaisvaltaisen kuvan, jossa lähtökohtana on todellisen elämän kuvaaminen ja tutkimuksen pyrkimys on usein paljastaa uusia tosiasioita ja kuvata uusia ilmiöitä (Hirsjärvi, Remes & Sajaavaara 2009, 152). Työnteon muuttuessa kiihtyvää vauhtia teknologian kehityksen seurauksena, tutkimuksessa analysoidaan ja kuvataan laadullisin menetelmin työnantajien näkökulmasta tulevaisuuden teknisiä osaamistarpeita. Kvalitatiivinen tutkimus valikoitui tutkimusstrategiaksi tarvelähtöisesti aihetta käsittelevien laadullisten tutkimusten puutteen takia. Aihetta ei siis ole tutkittu riittävästi laadullisesta näkökulmasta, joten laadulliselle tutkimukselle on selkeästi kysyntää.

Tulevaisuuden osaamistarpeiden ennustamisessa on määrällinen ja laadullinen ulottuvuus, joista määrällinen ulottuvuus ennustaa työvoiman tarjontaa suhteessa kysyntään. Laadullinen ulottuvuus tutkii puolestaan kohtaanto-ongelmaa työelämäntaitojen osalta, eli tässä tapauksessa sitä, mitä teknistä osaamista teknologiayritykset todellisuudessa tarvitsevat tulevaisuudessa. Butterin ym. (2014) laadullisen tutkimuksen havainnollistavan esimerkin mukaan ei riitä, että insinöörejä on määrällisesti tarpeeksi, jos laadullisen ulottuvuuden mukaan heillä ei ole tarvittavaa teknistä osaamista. Tulevaisuuden osaamistarpeita ennustavia määrällisiä tutkimuksia on tehty paljon, mutta laadullisista tutkimuksista on pula ja niitä tarvitaan muun muassa Balcarin (2011) mukaan enemmän. Myöskään Cedefopin (2009) laajan tutkimuksen perusteella osaamistarpeen muu-
tosta ei ole tutkittu tarpeeksi laadullisesta näkökulmasta ja tilastojen puuttuminen on ollut huolenaiheena jo pitkään etenkin tarvittavien teknisten taitojen osalta. Cedefopin (2009) tutkimuksessa suositeltiin, että olemassa olevia määrällisiä tutkimustuloksia syvennettäisiin laadullisella tutkimuksella. Lisäksi Strietska-Ilina (2009) korosti, että teknologian kehityksen vauhti, innovaatiot ja muut kehityskulut synnyttävät tulevaisuudessa uusia osaamistarpeita, eikä näitä tarpeita voida ennustaa pelkästään määrällisillä menetelmillä, vaan tarvitaan myös laadullista tutkimusta aiheesta.

Cedefopin (2009) suositusten mukaisesti tässä tutkimuksessa Freyn & Osbornen (2013) tulevaisuuden osaamistarpeita koskevaa määrällistä dataa syvennetään laadullisella tutkimuksella. Laadullista dataa voidaan kerätä esimerkiksi työnantajia haastattelemalla ja sen avulla pyritään vastaamaan mm. Cedefopin (2009), Strietska-Ilinan (2009) ja Balcarin (2011) huoliin osaamistarpeiden laadullisten tutkimusten puutteesta. Lisäksi tutkimuksessa laadullisen datan avulla pyritään täyttämään tutkimusaukkoja Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksesta ja yritetään löytää myös täysin uusia osaamistarpeita, jotka jätettiin heidän tutkimukseensa huomioimatta ja joita Strietska-Ilinanin (2009) mukaan syntyy kehityksen myötä tulevaisuudessa.

5.3 Aineiston kerääminen teemahaastatteluilla

Laadullista tulevaisuudentutkimuksen aineistoa kerättiin teemahaastatteluilla, eli tutkimuksen tutkimusmetodi oli puolistrukturoituja haastattelu. Tutkimuksen pääpiirteinä on kokonaisvaltainen laadullinen tiedonhankinta tulevaisuuden osaamistarpeista ja haastattelut ovatkin yksi yleisimpiä kvalitatiivisen tutkimuksen datankeruumenetelmiä (Eskola ja Suoranta 2000, 12). Alasuutarin (1994, 73) mukaan tutkimusmetodin tulee olla yhteneväinen tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen kanssa. Tässä tutkimuksessa Alasuutarin (1994) huomio toteutuu, sillä viitekehystä käytettiin teemahaastatteluissa haastattelusapluunana. Metodiksi valikoitui puolistrukturoitu haastattelu, sillä sen lisäksi, että viitekehyksenä käytettyä FSSF-arviointimatriisia pystyttiin hyödyntämään, menetelmä sopii erinomaisesti tilanteeseen, jossa käsitellään vielä suhteellisen tuntematonta ilmiötä ja asiantuntijoiden subjektiivisen näkemyksen perusteella halutaan saada lisää tietoa tutkitavasta ilmiöstä. Teemahaastatteluiden ydinajatus onkin, että haastattelut etenevät ennalta määriteltyjen teemojen kautta ja siinä huomioidaan haastateltavien omat tulkinnat aiheesta. (Hirsjärvi & Hurme 2001, 48; Hirsjärvi ym. 2009, 195.) Tutkimuksessa teknologinen murros ja ammattien muuttuminen tiedettiin lähtökohtaisesti muun muassa Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen perusteella, mutta se, miten tämä vaikuttaa tekniseen osaamistarpeeseen, ei ollut vielä tiedossa ennen tutkimusta.

Haastattelun runkona käytetään tutkimuksen viitekehystä eli puoliksi täytettyä FSSF-arviointimatriisia, joka oli täytetty aiempien tutkimusten perusteella. Matriisia voi hyödyntää tulevaisuudentutkimuksessa puolistrukturoidussa haastattelussa apuna tiettyyn aiheeseen liittyen. Haastateltavat saavat täydentää taulukkoa myös itse tarvittaessa. Tällöin voidaan joko aloittaa tyhjästä kehikosta haastateltavan kanssa tai sitten haastattelussa voidaan pyytää haastateltavaa kommentoimaan jo esitetyttä FSSF-kehikkoa. (Talvela & Stenman 2012.) Tässä tutkimuksessa FSSF-taulukko täytettiin puoliksi olemassa olevien tutkimusten ja kirjallisuuden perusteella ja sitä käytettiin viitekehyksenä sekä haastattelusapluunana.

Teemahaastattelut oli kohdennettu selkeästi yhteen aihepiiriin eli yritysten tuleviin teknisiin osaamistarpeisiin. Teemoja haastattelussa oli viisi:

- 1 Teema - Digitalisaation ja automaation vaikutus teknisiin työtehtäviin*
- 2 Teema - Automaation pullonkaulat*
- 3 Teema - Draiverit*
- 4 Teema - Hiljaiset signaalit*
- 5 Teema - Tulevaisuuden tekniset osaamistarpeet*

Tässä menetelmässä tyypillistä on suora vuorovaikutus tutkittavan kanssa. Haastattelurunko oli joustava ja se mahdollistaa kysymysten muokkaamisen haastateltavan vastausten myötä samalla, kun haastattelut etenevät. Menetelmä mahdollistaa reagoinnin haastattelutilanteissa pinnalle nouseviin asioihin. (Hirsjärvi ym. 2009, 204–206.) Tutkimuksen empiirisessä osassa myös syventämisen ja lisäkysymysten mahdollisuus olivatkin haastatteluissa merkittävässä roolissa. Erityisesti tulkinnallisuus on tutkimuksen kannalta tärkeää, sillä varmaa tietoa tulevaisuuden osaamistarpeesta kukaan ei pysty antamaan. Menetelmän joustavuudesta huolimatta puolistrukturoidussa haastattelussa teemat olivat valittuna ennen haastattelua hyvin tarkkaan tutkimuksen viitekehyksen ympärille, mutta Tuomin & Sarajärven (2009, 73-74) mukaan siinä korostetaan kuitenkin ihmisten omia tulkintoja asioista ja merkitykset syntyvät vuorovaikutuksesta.

Haastatteluiden toteutus

Tutkimuksessa empiirinen tutkimusaineisto kerättiin haastatteleamalla työnantajia eli yritysten edustajia. Eri-tyisen tärkeää tutkimuksen kannalta oli, että puolistrukturoidussa haastattelussa voi valita haastateltavaksi henkilön, jolla on kompetenssia ja asiantuntijuutta antaa vastauksia kysymyksiin. (Hirsjärvi & Hurme 2001, 58). Haastateltavat valittiin tällä tavoin harkinnanvaraisella näytteellä niin, että haastateltavat olivat menestyneiden yritysten johtajia. Tutkimuksessa haastateltavaksi valittiin Deloitte Technology Fast50 (2017) -listalta Suomessa nopeimmin kasvavien teknologiayritysten johtoryhmän jäseniä, joilla oli asiantuntijuutta antaa arvioita vaikeisiin tulevaisuutta koskeviin kysymyksiin. Zukersteinovan (2007) mukaan nopeasti kasvavat teknologiayritykset edustavat edistyksellisimpiä yrityksiä ja näin ollen tulokset ovat mahdollisesti yleistettävissä koskemaan laajemminkin myös muita yrityksiä. Hänen mukaansa etenkin edistyksellisten teknologiayritysten uusien innovaatioiden kehittämiseen ja ylläpitämiseen vaadittavia taitoja tutkimalla voidaan saada viitteitä tulevaisuudessa tarvittavissa taidoissa. Cedefopin (2009) laajassa tulevaisuuden osaamistarpeita ennakoivassa tutkimuksessa korostettiin, että yritysten edustajia haastatteleamalla on mahdollista saada vahvistusta nykyisiin tutkimuksiin tai hankkia lisää tietoa ja ymmärrystä työmarkkinoiden tulevaisuudesta ja niihin liittyvistä ilmiöistä. Työnantajien haastattelut mahdollistivat osaamistarpeen tutkimisen kysynnän näkökulmasta ja sillä pystyttiin hankkimaan laadullista dataa esimerkiksi osaamistarpeista ja niiden muutoksista.

Teemahaastattelut toteutettiin yksilö- ja parihaastatteluina. Haasteltavien määrä riippuu yleensä aineiston saturaatiosta, eli haastatteluja tehdään lisää, kunnes niistä ei enää saada lisää uutta tietoa tutkimusongel-

maan (Eskola & Suoranta 2000, 62-64). Saturaatiopiste saavutettiin tässä tutkimuksessa melko nopeasti: tutkimuksessa haastateltiin yhteensä viisi johtoryhmän jäsentä neljästä eri yrityksestä ja yksittäiseen haastatteluun käytettiin aikaa 1-2 tuntia. Haastattelut sovittiin puhelimitse tai sähköpostitse ja haastattelut toteutettiin kasvotusten haastateltavien työpaikoilla. Haastatteluissa taustatiedoiksi kysyttiin haastateltavien tehtävänimike, työtehtävät yrityksessä ja koulutustausta. Muuten haastattelu oli täysin anonyymi, sillä haastatteluissa käsiteltiin yrityksen strategian kannalta kriittisiä asioita. Lisäksi tutkijan etiikan vuoksi on tärkeää, että yksittäistä henkilöä ei voida tunnistaa tekstistä, vaan haastateltavilla on anonymiteetti (Tuomi & Sarajärvi 2009, 21-22). Teemahaastattelun runkona käytettiin tutkimuksen viitekehystä ja se testattiin ennen varsinaisten haastatteluiden toteuttamista kahdella eri haastattelijan tuttavapiirin henkilöllä. Testausten jälkeen kysymystenasettelua muutettiin jonkin verran, mutta haastattelurunko pysyi samana. Haastattelun aikana haastateltavilla oli esillä viitekehys eli haastattelusapluuna, jotta he pystyivät seuraamaan paremmin haastattelun kulkua.

Haastattelutilanne oli luonteva, sillä haastateltavat saivat puhua itseään kiinnostavasta aiheesta. Vaikka digitalisaation ja automaation vaikutus työelämään oli haastateltaville itsestään selvä, eivät he kuitenkaan välttämättä olleet ajatelleet etukäteen, miten se käytännössä tulee vaikuttamaan teknisiin osaamistarpeisiin tulevaisuudessa. Tästä syystä aihe oli haastava ja haastattelusapluunana käytetty FSSF-arviontimatriisi oli hyvä apuväline johdattamaan haastattelua oikeaan suuntaan. Haastattelun alussa haastateltavia pyydettiin avaamaan yrityksen rakenne teknisten tehtävien suhteen eli jakamaan teknistä osaamista vaativat tehtävät 3-5 sopivaan funktioon. Teknisiksi työtehtäviksi haastateltavat lukivat muun muassa ohjelmoijien, testaajien, infrastruktuurin ja projektipäälliköiden työtehtävät. Tutkimuksen tulosten lukemisen kannalta tällä jaotellulla ei ole väliä, mutta jako auttoi haastattelutilanteessa haastateltavia arvioimaan tulevia osaamistarpeita. Tämän jälkeen teemahaastattelu eteni esitetyttä FSSF-taulukkoa seuraamalla ja haastateltavia pyydettiin kommentoimaan jokaista funktiota erikseen kunkin teeman kohdalla niin, että he arvioivat teemojen merkittävyyttä teknisten työtehtävien suhteen. Teemojen 1-3 (suuret kehitystrendit, draiverit & hiljaiset signaalit) jälkeen haastattelussa käsiteltiin tutkimuskysymysten kannalta tärkeitä aiheita eli tulevaisuuden teknisiä työtehtäviä ja teknisiä osaamistarpeita. Haastattelun alussa tehty teknisten tehtävien jaottelu sekä ensimmäisten kolmen teeman haastattelu valmisti haastateltavat hyvin viimeiseen kahteen teemaan, jotka olivat selkeästi vaikeimmat ja tärkeimmät teemat. Aiheen kiinnostavuuden ja haastavuuden takia haastatteluihin varattu aika (1-1,5h) tuntui loppuvan haastatteluissa kesken, sillä keskustelu olisi voinut jatkua vielä pidempäänkin aiheen tiimoilta. Tästä huolimatta merkittävien teknologiyritysten johtoryhmän jäseniä haastatteleamalla empiirisessä osiossa saatiin riittävästi laadullista dataa tutkimuskysymyksiin vastaamiseen.

Taulukko 2. Haastateltavien tiedot.

Positio	Haastattelupäivämäärä	Haastattelun kesto (min)	Haastattelumetodi	Koodi
Tietohallintojohtaja	2.11.2018	57,32	Kasvokkainen	H1
Henkilöstöjohtaja	2.11.2018	57,32	Kasvokkainen	H2
Teknologiajohtaja	16.11.2018	71,47	Kasvokkainen	H3
Teknologiajohtaja	11.12.2018	84,18	Kasvokkainen	H4
Teknologiajohtaja	18.12.2018	95,5	Kasvokkainen	H5

5.4 Aineiston analysointi

Aineiston keräämisen jälkeen aineisto analysoitiin. Hirsjärven ja Hurmeen (2004, 136) mukaan laadullisen analyysin yleiset piirteet voidaan kuvata neljällä tavalla:

- (1) Analyysi alkaa usein jo haastattelutilanteessa, kun haastattelija eli tutkija tekee havaintoja tutkittavasta ilmiöstä ja alkaa prosessoimaan aineistoa jo tässä vaiheessa.
- (2) Kvalitatiivisessa tutkimuksessa aineisto säilyttää sanallisen muotonsa, eli analysointi tapahtuu ”lähellä” aineistoa ja kontekstia.
- (3) Tutkija päättää, onko päättely induktiivista tai abduktiivista. Induktiivinen päättely perustuu suurimmaksi osaksi kerättyyn aineistoon, kun taas abduktiivisessa päättelyssä analysointi voi perustua ennalta ajateltujen teoreettisten ideoiden todentamiseen.
- (4) Analyysimenetelmiä on monia, eikä ole yhtä ja oikeaa tekniikkaa.

Alasuutari (1999) jakaa aineiston analyysin vaiheet havaintojen pelkistämiseen ja arvoituksen ratkaisemiseen. Havaintojen pelkistämisessä pyritään havaitsemaan aineistosta näytteet, jotka kuvaavat samaa ilmiötä. Laadullisessa tutkimuksessa on kuitenkin hyvä muistaa ottaa kaikki myös poikkeukset huomioon, eikä pelkistää havaintoja keskivertoyskilöön. Arvoituksen ratkaiseminen tarkoittaa tutkimusongelman selvittämistä aineistosta saatujen vihjeiden perusteella. (Alasuutari 1994, 30-35.)

Hirsjärvi ja Hurme (2004, 145-152) jakavat analyysin vaiheet puolestaan kuvailuun, luokitteluun, yhdistelyyn ja tulkintaan. Kuvailuvaihe on analyysin perusta, jossa kartoitetaan kohteiden, henkilöiden tai tapahtumien ominaisuuksia ja piirteitä. Luokittelu on myös tärkeä osa, sillä se luo pohjan aineiston yksinkertaistukselle ja tulkinnalle. Siinä aineiston eri osia vertaillaan toisiinsa ja tällä tavalla jäsennetään tutkittavaa ilmiötä. Yhdistelyvaiheessa eri luokista etsitään puolestaan säännönmukaisuuksia. Koko analyysiprosessi tähtää onnistuneeseen aineiston tulkintaan eli tutkimusongelman ratkaisemiseen. Yksi merkki onnistuneesta tulkinnasta on se,

että lukija löytää tekstistä samat asiat kuin tutkija, siitä huolimatta, että hän ei välttämättä ole lähtökohtaisesti samaa mieltä tutkijan näkökulman kanssa.

Analysointiprosessin vaiheet

Tutkimuksessa aineiston analysointi aloitettiin litteroinnilla, jossa nauhoitetut haastattelut kirjoitettiin puhtaaksi, mikä helpotti aineiston analysointia. Litteroinnissa tutkija saa itse päättää, litteroidaanko aineisto kokonaan sananasaisesti vai valikoiden esimerkiksi ainoastaan teema-alueittain. Tässä tutkimuksessa haastatteluaineisto litteroitiin sananasaisesti, sillä ainoastaan esimerkiksi teema-alueittain litterointi olisi saattanut rajata relevanttia aineisto tutkimuksen ulkopuolelle. Lisäksi tutkija saa päättää, kuinka tarkasti aineisto litteroidaan. Tässä tutkimuksessa litterointia ei toteutettu tarkimmalla mahdollisella tavalla, vaan esimerkiksi huokaukset ja turhat täytesanat, kuten ”niinku” ja ”tota” jätettiin pois. Sanatarkka litterointi ei olisi tuottanut lisäarvoa, sillä tutkimuskysymykset ovat sen luontoisia, että esimerkiksi piilevillä viesteillä ei ole merkitystä tulosten kannalta. Tästä huolimatta litterointi oli aikaa vievää ja yhden tunnin litterointiin kului noin kolme tuntia aikaa ja tekstiä syntyi yhteensä 19 sivua.

Litteroinnin jälkeen tutkimuksen aineisto analysoitiin teemoittelun avulla. Teemoittelussa aineistosta pyritään löytämään tutkimuksen kannalta olennaisimmat teemat kokoamalla aineistossa toistuvat teemat luokkiin tarkempaa tarkastelua varten. Tässä tutkimuksessa analysoitavina aineistoina olivat litteroidut teema-haastattelut. Aineisto pilkottiin jokaisen tutkimushenkilön kohdalla pienempiin osiin ja osat jaoteltiin eri teemojen alle. Teemat ovat aineistosta esiin nousevia aihekokonaisuuksia, jotka ovat jo etukäteen valmiiksi valittuja haastattelun teemoja tai kokonaan uusia, haastattelussa esiin tulleita teemoja (Hirsjärvi & Hurme 2001, 173). Tässä tutkimuksessa aineiston analysoinnissa käytetyt teemat olivat osin valmiiksi mietittyjä, mutta osa syntyi teemahaastatteluiden pohjalta.

Haastatteluiden litterointitiedostot värikoodattiin edellä esitettyjen teemojen perusteella, jolloin eri kohdissa käsitellyt teemat olivat helpommin hahmotettavissa. Sen jälkeen teemojen sisällöt tiivistettiin ja siirrettiin oikeiden teemakokonaisuuksien alle. Analyysia tehtäessä tulee muistaa, että luokittelu on pikemminkin aineiston haltuunottoa eikä vielä varsinaista analyysia, ja varsinainen analyysi alkoikin vasta tämän luokittelun jälkeen (Ruusuvaori, Nikander & Hyvärinen 2010, s. 12).

Hirsjärven & Hurmeen (2008) mukaan laadullisen aineiston analyysi alkaa yleensä jo aineiston keruuvaiheessa, jolloin aineiston kerääminen, käsittely ja analysointi kulkevat käsi kädessä koko tutkimusprosessin läpi. Tällöin myös aineiston kuvaaminen, luokittelu, yhdisteleminen ja selitysten muodostaminen etenevät

osittain rinnakkain. On myös korostetun tärkeää, että aineiston analyysi ei ole pelkästään aineiston mekaanista esittelyä, vaan tutkija pohtii ja analysoi aineistoa aikaisempiin tutkimuksiin peilaten. Tässä tutkimuksessa aineiston analyysiä tehtiinkin myös aineiston keräämisen yhteydessä. Esimerkiksi haastatteluvaiheessa ja litteroinnin yhteydessä kirjattiin haastattelussa esille nousseita ajatuksia ja pohdintoja. Jokaisen haastattelun analyysiprosessi alkoi siis jo haastattelutilanteesta ja jatkui tutkimuksen edetessä. Litteroimisen jälkeen haastattelussa esiin tulleet asiat luokiteltiin eri teemojen alle. Teemoittelun avulla pystyttiin löytämään yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia teemojen välillä sekä niiden sisällä. Aineiston käsittelyn tukena hyödynnettiin myös tutkimuksen teoriaa. Analyysin kannalta tärkeitä ovat myös suorat lainaukset haastateltavilta, jotka erottuvat tuloksia esittelevästä tekstiosuudesta kursivilla.

5.5 Menetelmien luotettavuus valittuun aiheeseen

Hirsijärven ym. (1997, 213) mukaan luotettavuuden arviointi kuuluu kaikkiin tutkimuksiin ja erityisesti haastatteluaineiston luotettavuuden arviointi on laadullisen tutkimuksen tärkeä vaihe, sillä se vaikuttaa suoraan tutkimuksen tieteelliseen laatuun (Hirsjärvi & Hurme 2001, 185). Validiteetti ja reliabiliteetti ovat tärkeitä käsitteitä luotettavuuden arvioinnissa. Validiteetti kuvaa kuinka hyvin tutkimus mittaa sitä, mitä sen on tarkoitettu mittaavan. Reliabiliteetilla viitataan puolestaan tutkimustulosten toistettavuuteen, eli saataisiinko samasta tutkimuksesta vastaavat tutkimustulokset, jos se toistettaisiin uudestaan. (Hirsjärvi ym. 2009, 213-214.) Koskisen ym. (2005) mukaan esimerkiksi toistamiseen liittyviä ongelmia on mahdoton poistaa laadullisissa tutkimuksissa täysin. Validiteetti ja reliabiliteetti on kuitenkin pyritty huomioimaan muilla tavoin, kuten esimerkiksi menetelmien sekä haastateltavien kohdehenkilöiden tarkassa valinnassa.

Myös Hirsjärvi & Hurme (2001, 189) korostavat, että menetelmävalinnat pitäisi pystyä perustelemaan lukijoille uskottavasti. Muun muassa Strietska-Ilinan (2007) mukaan työnantajien haastattelut ovat paras tapa saada tulevaisuustietoa osaamistarpeista. Lisäksi haastattelujen etuina pidetään muun muassa niiden luonteeseen kuuluva haastateltavien subjektiivisuus, jolloin haastateltavat ovat tutkimuksen aktiivisia, merkityksiä luovia osapuolia (Hirsjärvi & Hurme 2001, 34). Erityistä teemahaastatteluiden kohdalla on, että dataa voidaan täydentää myös jälkikäteen lisäkysymyksillä. Näiden huomioiden perusteella työnantajien teemahaastattelut aiheesta olivat selkeä ja mahdollisimman luotettava menetelmävalinta, joka tuki tutkimuksen tavoitteita. Hirsjärvi & Hurme (2001, 188-189) tähdentävät kvalitatiivisen tutkimuksen tavoitteeksi kuvata todellisuutta mahdollisimman todenmukaisin tuloksin. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ja koota edistyskellämpien teknologiayritysten johtotasojen henkilöiden mahdollisimman todenmukaiset ja valistuneet näkemykset tulevaisuuden teknisistä osaamistarpeista ja teemahaastatteluilla tämä tavoite saavutettiin.

Tässä tutkimuksessa haastattelusapluunana käytetty esitetyt FSSF-arviointimatriisi toimi hyvin tarkoituksenmukaisena aineiston keräämisessä ja sen avulla haastateltavat johdatettiin hyvin aiheeseen ennen tutkimusongelmaan paneutumista. Esimerkiksi Cedefopin (2009) mukaan tutkijan ei ole hedelmällistä kysyä suoria kysymyksiä tulevaisuuden osaamistarpeista. Sen sijaan kysymykset kannattaa johdatella tarkastelemalla myös historiaa ja nykyhetkeä osaamisen näkökulmasta, joka oli hyvin luontevaa FSSF-arviointimatriisin avulla. Ajallisen johdattelun lisäksi haastattelun alkuun käsiteltiin FSSF-arviointimatriisin mukaisesti hiljaisia signaaleita, draivereita ja trendejä, jotka vaikuttavat tulevaisuuden osaamistarpeisiin ja tämä osaltaan myös valmisti haastateltavia keskustelemaan niinkin vaikeasta aiheesta kuin tulevaisuuden tekniset osaamistarpeet vuonna 2030. Lisäksi aihe oli haastateltavista mielenkiintoinen ja he perustelivat tutkimukseen osallistumista juuri aiheen kiinnostavuudella. Tämä osaltaan auttoi kattavan aineiston keräämisessä, sillä haastateltavat olivat selkeästi motivoituneita vastaamaan kysymyksiin ja miettimään aihetta eri näkökulmista.

Haastattelut toivat mukanaan myös muutamia haasteita, sillä niihin voi sisältyä monia virhelähteitä. Luotettavuutta saattoi vähentää muun muassa haastateltavien taipumus esiintyä sosiaalisesti hyväksyttävällä tavalla ja kaunistella asioita. Esimerkiksi kysymykset siitä, voidaanko jotkut nykyiset työtehtävät korvata kokonaan robotisaatiolla saattoivat olla sellaisia aiheita, joihin vastaaja saattoi kaunistella vastauksiaan. Haastateltavat voivat myös kokea haastattelutilanteen jollakin tapaa epämiellyttävänä, joka voi vaikuttaa tuloksiin. (Hirsjärvi ym. 2009, 206–207.) Lisäksi on otettava huomioon, että haastattelijan kokemattomuus saattaa vaikuttaa aineiston keräämisen uskottavuuteen (Hirsjärvi & Hurme 2001, 35).

Työnantajien haastatteluissa on muitakin rajoitteita, jotka mahdollisesti heikentävät tutkimuksen luotettavuutta. Ensinnäkin, nopeimmin kasvavien teknologiayritysten avainhenkilöt saavat paljon kysymyksiä haastatteluihin ja muihin vastaaviin hankkeisiin, jotka eivät suoraan liity heidän toimenkuvaansa, joten riittävän pitkän haastatteluajan sopiminen oli haastavaa. Eräskin haastattelu jouduttiin pitämään tunnin mittaisena, jonka seurauksena haastattelun loppua kohden haastattelutilanteessa jouduttiin kiirehtimään. Yritysten edustajat eivät myöskään välttämättä aina pysty suhtautumaan asioihin objektiivisesti, jolloin heiltä saadut tulevaisuutta koskevat arviot saattavat olla esimerkiksi liioiteltuja, vähäteltyjä tai esimerkiksi liian optimistisia. Toinen yritysten edustajilta kerätyn datan luotettavuutta heikentävä seikka on se, että johto ei välttämättä pysty katsomaan nykyhetkeä pidemmälle, vaan muodostaa tulevaisuuden näkemyksen nykyisen yritysstrategian pohjalta. (Cedefop 2009.)

Myös Arntz ym. (2016) nostavat esille kolme luotettavuutta pienentävää kohtaa, jotka liittyvät tulevaisuuden osaamistarpeisiin liittyviin tutkimuksiin, joissa aineisto kerätään työnantajia haastatteleamalla. Ensinnäkin, tämä lähestymistapa heijastaa asiantuntijoiden arvioita, ei niinkään todellista digitaalisten teknologioiden hyödyntämisastetta. Haastateltavat voivat sortua esimerkiksi teknologisen kehityksen yliarvioimiseen.

Toiseksi, vaikka uudet teknologiat otettaisiin laajasti käyttöön, niiden vaikutus työntekijöihin riippuu kuitenkin täysin siitä, pystytäänkö työpaikalla mukautumaan muuttuviin olosuhteisiin vai ei. Työntekijät voivat joko sopeutua muuttuvaan ympäristöön hyödyntämällä uusia teknologioita tai jäädä työttömiksi muutuskäytön seurauksena. Kolmanneksi, tällaiset tutkimukset huomioivat yleensä ainoastaan olemassa olevat työtehtävät, vaikka uudet teknologiat synnyttävät yleensä uudenlaisia työpaikkoja. Historia on todistanut tämän uudelleen ja uudelleen. Tämä kritiikki on kohdistettu etenkin Autorin ym. (2003) ja Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksiin. Tässä tutkimuksessa on pyritty huomioimaan myös uudenlaiset tulevaisuuden työtehtävät, mutta niidenkin arviointi luotettavasti on vaikeaa, ellei jopa mahdotonta.

Lisäksi tulevaisuustutkimuksessa on muistettava tulevaisuuden tutkimiseen liittyvät epävarmuuden tekijät, sillä tulevaisuus on aina epävarma, eikä sitä pysty täysin ennustamaan. Futurologiassa epävarmuutta tuovat muun muassa luontainen sattumanvaraisuus ja teknologiset yllätykset. Tässä tutkimuksessa varsinkin teknologian kiihtyvä kehitysnopeus aiheutti erityisiä epävarmuustekijöitä tulevaisuuden osaamistarpeita arvioi-
dessa, sillä käynnissä oleva teknologisen murroksen aika lisää epävarmuutta tulevasta ja tekee ennustamisesta vaikeaa. Esimerkiksi OECD (2016) muistuttaa, että pitkän aikavälin tutkimukset ovat lyhyen aikavälin tutkimuksiin verrattuna herkempiä erilaisille odottamattomille teknologisille tai taloudellisille sokeille, joka vähentää tulevaisuuden osaamistarpeiden tutkimuksien luotettavuutta.

Myös tämän tutkimuksen teoriapohjana käytetty resurssiperusteinen teoria on saanut osakseen myös paljon kritiikkiä, joka saattaa heikentää tämän tutkimuksen luotettavuutta. Muun muassa Priem ja Butler (2001) kritisoivat teoriaa siitä, että siinä ei tutkita, mistä kriittistä osaamista hankitaan ja miten sitä kehitetään. Heidän mukaansa teoriassa oletetaan, että nämä kriittiset resurssit yksinkertaisesti ovat valmiiksi olemassa. Tämä ongelma näkyi myös tässä tutkimuksessa, sillä haastateltavien kanssa ei arvioitu sitä, kuinka haluttua osaamista hankitaan tai kehitetään, vaan ainoastaan sitä, mitä he tarvitsisivat. Tämä saattoi osaltaan johtaa siihen, että haastateltavien vastaukset eivät aina vastanneet reaali maailman mahdollisuuksia.

Aineiston keräämisvaiheessa heikkojen signaalien tunnistuksessa saattaa Kuosan (2010) mukaan esiintyä lisäksi kolme erilaista uskottavuusongelmaa:

- (1) Käsitteellisestä näkökulmasta on ongelmallista, että havainnot, havaintojen tulkinta, orastavat ongelmat, muutoksen siemenet, vallitsevat muutoksen draiverit sekä muutoksen tekijät ja kohteet sekoitetaan helposti keskenään ja ne muodostavat väärin tulkitun heikkojen signaalien joukon.

- (2) Ontologisesta näkökulmasta voidaan kysyä, kuinka uskottavaa on, että on olemassa jotain mystisiä heikkoja signaaleita, jotka odottavat tilaisuutta nousta esiin ja mullistaa kaikki olemassa olevat uskomukset ja megatrendit?
- (3) Kolmantena, epistemologisesta näkökulmasta ongelmallista on heikkojen signaalien tunnistaminen uskottavalla tavalla. Voiko niitä todella tunnistaa ja hyödyntää tieteessä, jos heikko signaali on käsitteenäkin häilyvä?

6 Tutkimuksen tulokset

Kuudennessa luvussa esitellään teemahaastattelujen tulokset, jotka ovat syntyneet tutkimusaineiston analyysillä. Tuloksia esitellään teemoittain viitekehyksen (s. 35) mukaisesti, alkaen digitalisaation ja automaation vaikutuksesta teknisiin työtehtäviin ja päättyen niiden vaikutukseen tulevaisuuden teknisiin osaamistarpeisiin. Tuloksia analysoidaan resurssiperusteisen teorian näkökulmasta, eli teemoittelussa pyritään arvioimaan minkälaiset resurssit ovat arvokkaita VRIN-resursseja ja mitkä puolestaan roskaresursseja.

Tämän tutkimuksen lähtökohtana oli, että digitalisaatio ja automaatio tulee muokkaamaan työtehtäviä radikaalisti tulevaisuudessa. Ensimmäisessä teemassa haastateltavien kanssa arvioitiin, miten digitalisaatio ja automaatio on vaikuttanut tähän mennessä yrityksen teknisiin työtehtäviin ja toisaalta, miten he arvioivat kehityksen jatkuvan tulevaisuudessa. Toisessa teemassa käsiteltiin tätä kehitystä mahdollisesti hidastavia tekijöitä. Kolmannessa ja neljännessä teemassa käsiteltiin draivereita ja hiljaisia signaaleita, jotka saattavat vaikuttaa osaltaan tulevaisuuden osaamistarpeisiin. Nämä neljä ensimmäistä teemaa johdattelivat haastattelut tärkeimpään, eli viidenteen teemaan, jossa haastateltavat pohtivat, mitä teknistä osaamista teknologiayritykset tarvitsevat eniten tulevaisuutta. Teema-alueet olivat:

1 Teema - Digitalisaation ja automaation vaikutus teknisiin työtehtäviin

2 Teema - Automaation pullonkaulat

3 Teema - Draiverit

4 Teema - Hiljaiset signaalit

5 Teema - Tulevaisuuden tekniset osaamistarpeet

Suoria lainauksia haastatteluista on käytetty koko luvun läpi, sillä ne auttavat tutkijan tulkintojen todentamisessa (Hirsjärvi ym. 2009, 214-215). Lainaukset on erotettu muusta tekstistä kursiivilla ja sisennyksellä. Lainauksen perään on merkitty haastateltavan koodi (ks taulukko 2, s. 40). Aineiston analyysiosuudessa on viitattu myös muihin tutkimuksiin. Tämän tarkoituksena on joko vahvistaa tulkintojen validiteettia tai osoittaa mahdollisia eroavaisuuksia aiempiin tutkimuksiin. Straussin ja Corbinin (1990) mukaan aikaisempiin tutkimuksiin viittaaminen lisää tutkimuksen validiteettia ja tämä osoitetaankin asianmukaisilla viittauksilla sopivissa kohdissa. Hirsjärven & Hurmeen (2004, 189) mukaan haastattelulähteestä saatuja tietoja vertaaminen toiseen lähteeseen antaa tutkijan tulkinnalle vahvistusta ja lisää uskottavuutta. Tätä kutsutaan myös triangulaatioksi.

6.1 Teema 1 - Digitalisaation ja automaation vaikutus teknisiin työtehtäviin

FSSF-arviointimatriisin mukaisesti haastattelun ensimmäisessä teemassa käsiteltiin, miten digitalisaatio ja automaatio on vaikuttanut tähän mennessä teknisiin työtehtäviin. Cedefopin (2009) suositusten mukaisesti haastattelutilanteissa käsiteltiin ensin historiaa ja nykyhetkeä ennen tulevaisuuden osaamistarpeiden käsittelyyn siirtymistä. Tämä antoi sekä haastateltaville että tutkijalle paremmat valmiudet vastata vaikeisiin tulevaisuuden osaamistarpeisiin liittyviin kysymyksiin. Tutkimuksen onnistumisen kannalta olikin tärkeää selvittää, minkälaista kehitys on ollut historiassa ja missä tällä hetkellä ollaan, sillä historia ja nykyhetki vaikuttavat väistämättä tulevaisuuteen. Aikaisemmat tutkimukset tukevat haastattelun tuloksia ensimmäisen teeman osalta.

Historia & nykyhetki

Käytännössä historiaa pohtiessa haastateltavien kanssa käsiteltiin kolmannen teollisen vallankumouksen jälkimmäistä puoliskoa. Kolmas tekninen vallankumous katsotaan alkaneen digitalisaation myötä 1970-luvulla, jolloin yritysten toimintaa lähdettiin automatisoimaan ennennäkemättömällä tavalla (Schön 2013). Haastateltavat olivat kaikki kuitenkin sen verran nuoria, että aikajänne, jota käsitelimme, oli 2000-luku.

Kolmanteen vallankumoukseen liittyvä Autorin ym. (2003) rutinoitumishypoteesin mukaan rutiininomaiset työtehtävät, joissa sama kaava toistuu usein, ovat automaatiolle alttiita. Hypoteesin mukaan koneet tekevät aikaisemmin ihmisten tekemiä rutiininomaisia työtehtäviä ja ihmiset siirtyvät ei-rutiininomaisiin tehtäviin. Haastattelut vahvistivat tätä näkemystä, sillä kaikki haastateltavat kuvasivat muutosta rutiininomaisista tehtävistä innovatiivisempiin tehtäviin.

Haastateltavien mukaan digitalisaatio ei itseasiassa ole muokannut heidän edustamiensa yritysten teknisiä työtehtäviä, vaan mahdollistanut niiden olemassa olon. Kaikissa teknisissä tehtävissä hyödynnetään jotain digitalisaatioon liittyvää teknologiaa, jota ilman työtehtävää ei olisi olemassa. Haastateltavat korostivat myös, että ilman digitalisaatiota heidän kaltaisiaan teknologiayrityksiä ei myöskään olisi olemassa, sillä jokainen haastateltu yritys hyödyntää useampaa digitalisaatioon liittyvää teknologiaa ydinliiketoiminnassaan. Sen sijaan automaatio oli haastateltavien mukaan muokannut olemassa olevia teknisiä työtehtäviä ja sen tärkeyttä teknisten työtehtävien osalta korostettiin.

Historiassahan isoin muutos teknisissä tehtävissä, esimerkiksi ohjelmoinnissa, on nimenomaan automaation puolella. H5

Automaatio totta kai vähentää sitä rutiinien tarvetta. H4

Perusidea on, että mahdollisimman automaattisesti ollaan kaikki alusta asti tehty. H3

Lisäksi automaation merkitystä kuvattiin positiiviseen sävyyn. Tämä näkyy etenkin eräässä vastauksessa, jossa kuvattiin automaation vaikutusta seuraavasti:

Robotti hoitaa ne [rutiininomaiset työtehtävät] jatkossa eli tylsien rutiinien toistaminen on automatisoitu. H1

Yleisesti haastateltavat vaikuttivat suhtautuvan positiivisesti automaation aiheuttamiin muutoksiin. Esimerkiksi tylsiin rutiineihin viittaaminen kuvastaa edistyskellisten yritysten asennetta työtehtävien automaatioon. Tämä asenne näkyi haastattelussa muun muassa siten, että kukaan haastateltava ei osoittanut negatiivista tai huolestuneita ajatuksia työtehtävien automatisoinnista. Voikin olla mahdollista, että teknologiamyönteisyyden takia kohdeyritykset ovat tämän hetken nopeimmin kasvavia teknologiayrityksiä; asenne uutta kohtaan, kuten esimerkiksi tässä tapauksessa automaatiota kohtaan, oli utelias ja kokeiluhaluinen.

Me ollaan kuitenkin tällanen it-talo, niin kyllä ihmiset on täällä innoissaan, kun otetaan jotain uutta [automaatiota] käyttöön. H4

Joissain haastatteluissa kerrottiin automaation synnyttäneen kokonaan uusia tekniseksi lueteltuja työtehtäviä. Yhdessä haastattelussa kuvailtiin esimerkiksi, että heille on automaation myötä syntynyt digimarkkinointitiimi, jota ei olisi olemassa ilman automaatiota ja siihen liittyviä digitaalisia automaatiotyökaluja. Rooli oli haastateltavan mukaan eriytynyt markkinoinnista, jossa ei haastateltavan mukaan tarvita enää niin paljon ”perinteisiä” ei-teknisiä markkinoinnin osaajia. Sitran (2016) mukaan teknologinen kehitys vaikuttaa konkreettisimmin nimenomaan työelämän murrokseen, vanhojen ammattien katoamiseen ja toisaalta uusien ammattien syntymiseen ja tämä on konkreettinen esimerkki tällaisesta tapauksesta.

Toisessa esimerkissä kaksi haastateltavaa kertoivat automaation synnyttäneen uusia teknisiä työtehtäviä taloushallintoon. Aikaisemmin tehtävät olivat manuaalisia, eivätkä ne vaatineet teknologiaosaamista. Haastateltavat kertoivat, että aikaisemmat talouden työtehtävät ovat automatisoituneet merkittävästi. Tehtäviä kuvailtiin rutiininomaisiksi, usein toistuviksi tehtäviksi, joita ihmisen ei ole mielekästä tehdä. Näin ollen koneen kannattaa tehdä ne. Automaatioteknologioiden myötä taloushallinnon rutiinityöt siis automatisoitiin ja tehtävissä alettiin keskittymään esimerkiksi prosessien automatisointiin robotisaation avulla.

Taloushallinnossa automatisoidaan eri tehtäviä. Siellä taas se ymmärtämys ja niiden rutiinien automatisointi, niin siinä pitää ymmärtää teknologiaa -- meidän pitää pystyä suunnittelemaan joku ostoreskontran työtehtävä niin, että se voidaan automatisoida. H1

Tässä esimerkissä työntekijät ovat siis alkaneet automatisoimaan asiakkaidensa taloushallinnon tehtäviä ohjelmistorobotiikan avulla. Tämä uusi ”taloushallinnon automatisoinnin” rooli tehostaa taloushallinnon ulkoistuspalveluita, niin että yrityksille on yhä edullisempaa ja kannattavampaa ulkoistaa taloushallinto kolmannen osapuolen tarjoamalle taloushallinnon automaatiopalvelulle, jossa hyödynnetään robotiikkaa. Tästä väistämättömänä seurauksena yritysten rutiininomaisten taloushallinnon työtehtävien määrä on vähentynyt, mutta toisaalta yllä kuvattuja uusia teknisiä rooleja on syntynyt.

Tässä esimerkissä tietokoneet ovat siis saaneet suhteellisen edun joidenkin työtehtävien toteuttamiseen ihmiseen verrattuna, kuten Autor ym. (2003) sekä Frey & Osborne (2013) ennustivat käyvän. Ilmarinen & Koskinen kuvasivat (2015, 18-19) digitalisaation muokkaavan toimintamalleja ja -tapoja samalla irtisanoen nykyisiä työntekijöitä, joilla ei ole kompetenssia hyödyntää digitalisaatiota. Resurssiperusteisen teorian mukaan tällaiset henkilöt ovat ”roskaresursseja”, eli heidän osaamisensa on vanhentunutta. Roskaresursseja ovat siis esimerkiksi taloushallinnon työntekijöiden manuaaliset taidot, jotka voidaan korvata ohjelmistorobotiikalla. Kolikon kääntöpuolena digitalisaatio synnyttää tarpeen uusille osaajille, kuten ohjelmistorobotiikka-asiantuntijoita, jotka pystyvät hyödyntämään digitaalisten teknologioiden synnyttämiä mahdollisuuksia. Brynjolfs-son & McAfee (2011; 2014) kutsuvat tätä kolmanneksi teolliseksi vallankumoukseksi. Kolmas vallankumous muovaa työntekoa ja työtehtäviä kiihtyvällä vauhdilla ja muutokset ovat selkeästi havaittavissa myös tämän tutkimuksen haastatteluiden perustella. Aikaisemmin tuottavista työntekijöistä on saattanut tulla pikemmin-kin kasvun hidasteita yrityksille. Tietokoneiden saavuttaessa suhteellista etua ihmisiin nähden väistämättä myös muita ihmisen tekemiä työtehtäviä siirtyy tietokoneiden tehtäviksi. Toinen esimerkki työtehtävästä, jossa koneet ovat saaneet suhteellisen edun ihmisiin nähden, oli haastatteluiden perusteella testaajien työtehtävä. Testaajien tehtävien automatisointi ja merkityksen väheneminen tuli esille useassa haastattelussa.

Tänä päivänä kaikki, tai lähestulkoon kaikki, on robotistoitu. Testaustarve on kasvanut huomattavasti, kun tulee uusia versioita joka kuukaus tai viikko, mutta se on automatisoitu. 1

Myös infrastruktuurissa työskentelevien henkilöiden työtehtävien kerrottiin vähentyneen tehtävien automa-
tisoinnin myötä:

Jos miettii teknisiä rooleja, että mitä on tapahtunut, niin keskeistä on se, että infran ylläpitäjän rooli ja työtehtävät on vähentyneet ja jopa lakanneet. H1

Vastausten perusteella esimerkiksi testaajien ja infrastruktuurin työtehtävien merkitys vaikuttaa siis vähentyneen teknologiayrityksissä lähihistoriassa. Tällaisista taidoista on tullut roskaresursseja, jotka voidaan automatisoida. Tästä voi päätellä, että näissä työtehtävissä on rutiininomaisia elementtejä, jotka pystytään hoitamaan tietokoneilla ja roboteilla paremmin ja tehokkaammin kuin ihmistyöllä. Molemmat esimerkkitehtävät olivat haastattelujen perusteella olleet aiemmin merkittäviä rooleja yrityksissä yhtä haastattelua lukuun ottamatta. Näiden tehtävien merkityksen pieneneminen ja osittainen automatisointi on vaikuttanut väistämättä merkittävästi testauksessa ja infrastruktuurissa työskentelevien ihmisten työtehtäviin.

Jokaisessa haastattelussa ohjelmoijien kerrottiin olevan merkittävä tai merkittävin tekninen rooli yrityksessä. Haastatteluissa kuvattiin, että ohjelmoijan työtehtävät olivat aikaisemmin suurelta osin rutiininomaista koodin tekemistä ja sitä jouduttiin tekemään määrällisesti paljon ennen kuin sopivat alustat olivat valmiina tuottavan työn tekemiseen. Nykyään alustat ovat valmiina ja ohjelmoijat voivat aloittaa suoraan tuottavan työn ilman valmisteluita ja konfigurointeja. Automaatio on kehittänyt olemassa olevia tehtäviä tuottavampaan suuntaan, kun rutiininomaiset työtehtävät ovat vähentyneet ja ihmisten aikaa on jäänyt enemmän ei-rutiininomaisille tehtäville, joiden rajatuottavuus on suurempi. Rutiinitöiden katoaminen on johtanut innovatiivisempaan, tehokkaampaan ja tuottavampaan työskentelyyn.

Aikaisemmin ne ensin rakenteli pitkää jotain ympäristöä, että ne pääsi ratkaisemaan sen ongelman, että nyt se kaikki, mitä se ympäristörakentaminen ynnä muut, niin siitä on päästy eroon. H5

Tänä päivänä kahdessa tunnissa nappia painamalla kaikki valmistuu. Ennen tää saatto viedä kalenteriaikaa viikkoja. H2

Moni haastateltava korosti, että ohjelmoijien työ on lähihistoriassa muuttunut innovatiivisempaan suuntaan. Muutos on seurannut Autorin ym. (2003) havaintoa, jonka mukaan digitalisaation kehittymisellä on siis yhteys rutiininomaisten manuaalisten ja kognitiivisten työtehtävien vähenemiseen sekä lisääntyneeseen kysyntään ei-rutiininomaisissa kognitiivisissa työtehtävissä.

Aiemmin on mennyt aikaa siihen, että saadaan edes se ohjelma käyntiin ja toimintaan, niin nyt se aika voidaan käyttää sen osaamisen leventämiseen ja liiketoiminnan ymmärtämiseen. H2

Innovaatio oli aika vähäistä, enempi oli sitä kopiointia ja semmosta bulkkidua. Nykyään ohjelmoijat pääsääntöisesti vaan ohjelmoi sitä asiaa, että miten se nimenomainen liiketoimintajuttu muutetaan, kun ehkä ennen se oli vaan osa pieni osa siitä mitä ne teki. H5

Ohjelmoijien työtehtävät vaikuttavat haastatteluiden perusteella siirtyneen selkeästi automaation ja uusien digitaalisten pilvipalveluiden myötä liiketoimintaa lähemmäksi rutiinien vähentyessä. Haastatteluissa tätä muutosta perusteltiin sillä, että esimerkiksi ohjelmoijien ei tarvitse enää rakentaa ohjelmointiympäristöjä alusta alkaen itse, vaan ne ovat valmiina saatavilla. Näin ollen aikaa säästyy, eikä ”perustyötä” tai ”bulkkikoodaamista”, kuten eräs haastateltava ilmaisi, tarvitse enää tehdä niin paljoa. Aiemmin on mennyt aikaa siihen, että saadaan itse ohjelma käyntiin ja toimintaan, kun nykypäivänä aika voidaan käyttää osaamisen laajentamiseen ja liiketoiminnan ymmärtämiseen sekä asiakkaan parempaan palvelemiseen ja uuden luomiseen. Tekeminen on siis ”innovaatiota innovaation perään”, kuten yksi haastateltavista totesi. Sama koskee muitakin teknisiä työtehtäviä, sillä enää ei tarvitse itse valmistella työkaluja ja -asemia, vaan tuottava työ päästään aloittamaan lähes välittömästi. Työtehtävien tehostuminen tarkoittaa sitä, että valmistelutyön vähentyessä työntekijöillä on aikaisempaa enemmän aikaa käytettävissä luovaan ja kehittävään työhön.

Samaan aikaan työntekeminen on siirtynyt lähemmäksi liiketoimintaa. Käytännössä liiketoimintaa lähemmäksi siirtyminen johtuu siitä, että rutiinityöt ovat vähentyneet. Työntekijät voivat keskittyä kehittämään uutta ja palvelemaan loppuasiakasta yksilöllisemmin. Tällöin resurssit ohjautuvat työhön, jonka tuottavuus on suurempaa. Manuaalisen työn väheneminen näyttää vapauttaneen esimerkiksi ohjelmoijien työaikaa luovempaan työhön, jossa liiketoiminnan ymmärrys korostuu. Haastateltavien mukaan automaatio on siis muokannut työtehtävien sisältöä ”luovalla tuholla”, eli samalla kun jotain työtehtäviä on kadonnut, uusia on syntynyt tilalle. Haastatteluiden perusteella kaikkien teknisten työtehtävien painopiste on siirtynyt rutiininomaisista tehtävistä luovempaan ja innovatiivisempaan suuntaan, jossa yksittäiset työntekijätkin joutuvat ymmärtämään liiketoimintaa ja pääsevät työskentelemään lähempänä asiakasta. Tästä kaikesta voi päätellä, että yksittäisten teknisten työntekijöiden vastuu on kasvanut, eikä kukaan voi keskittyä enää yhteen pieneen työtehtävään/osa-alueeseen, vaan työntekijöiden tulee keskittyä ymmärtämään isompia kokonaisuuksia. Myös

resurssiperusteisen teorian mukaan tämä muutos on järkevä. Resurssiperusteisen teorian mukaisesti avainasemassa tuottavuuden parantamisessa teknologian kehittyessä ovat henkilöstöresurssien oikeinkohdistus ja siirtyminen ”perustekemisestä”, kuten ympäristöjen rakentamisesta ja ylläpidosta tuottavampaan ja innovatiivisempaan työhön. Tämä muutos näkyy selkeästi haastatteluaineistosta. Vastauksista saa myös sellaisen kuvan, että ohjelmoijat työskentelevät lähempänä asiakasrajapintaa kuin ennen, sillä monessa vastauksessa korostettiin liiketoiminnan ja asiakkaan ymmärtämisen tärkeyttä aikaisempaan verrattuna.

Samalla kun tekniset työtehtävät ovat muuttuneet, jotkut työtehtävät ovat vähentyneet tai osittain lähes lakanneet, kuten yllä mainitut testaus- ja infrastruktuurissa olevat työtehtävät. Vaikka digitalisaatio ja uudet automaatioteknologiat aikaisempienkin tutkimusten (mm. Frey & Osborne 2013; Autor ym. 2003) mukaan vähentävätkin joissain tehtävissä työntekijöiden tarvetta, on se myös synnyttänyt uudenlaisen teknisen osaamisen tarvetta yrityksissä. Esimerkiksi pilvipalveluiden yleistyminen ja tekoälyn tuleminen on haastateltavien mukaan lisännyt näillä osa-alueilla teknisten osaajien tarvetta. Vanhat tekniset tehtävät automatisoidaan ja samalla uusia syntyy. Tässä mielessä voidaan sanoa, että digitalisaatio on muuttanut työtehtäviä, vaikka haastateltavat eivät sitä suoraan sanoneetkaan. Haastatteluiden perusteella voidaan todeta, että tekniset työtehtävät ovat kokeneet historiassa suuren murroksen ja sekä automaatio että digitalisaatio on vaikuttanut lähihistoriassa merkittävästi tehtävien sisältöön. Ainoastaan yksi haastateltava kertoi, että automaatio ei ole lähihistoriassa vaikuttanut heidän teknisiin työtehtäviinsä, mutta tämäkin lausahdus vaikutti olevan enemmän ajattelematon kuin syvään harkittu, sillä myös hänen myöhemmän vaiheen vastauksista kävi ilmi samankaltainen muutos kuin muiden vastauksista.

Tulevaisuuden muutokset työtehtävissä

Tutkimusten mukaan teknologian kehittyminen nostaa erityisesti korkeasti koulutettujen työntekijöiden tuottavuutta (Katz & Murphy 1992; Acemoglu & Autor 2011). Toisaalta esimerkiksi Autorin ym. (2003) mukaan teknologian vaikutus riippuu työtehtävästä, ei työntekijän koulutustasosta. Tämän perusteella se, voiko teknologia korvata tai täydentää jossain ammatissa ihmisen, riippuu työtehtävien sisällöstä. Jotta pystyisimme saamaan paremman kuvan tulevaisuuden työtehtävien sisällöstä, täytyy ensin tutkia, minkälaisia työtehtäviä ammateissa tulevaisuudessa tehdään.

Historian ja nykypäivän käsittelyn jälkeen haastateltavien kanssa pohdittiinkin, miten digitalisaatio ja automaatio tulee entisestään muokkaamaan nykyisiä teknisiä työtehtäviä tulevaisuudessa. Edellisessä kappaleessa käsiteltiin käytännössä kolmannen teollisen vallankumouksen jälkipuoliskon aikaisia muutoksia, mutta tulevaisuutta tarkastellessa haastateltavien kanssa pohdittiin neljännen teollisen vallankumouksen tuomia

muutoksia. Schwabin (2015) ja Butterin ym. (2014) mukaan digitalisaatioon ja automaatioon liittyvät teknologiat ovat neljännen vallankumouksen ajureita ja tulevat esimerkiksi muokkaamaan työtehtäviä tulevaisuudessa merkittävästi. Myös Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen perusteella neljäs teollinen vallankumous tulee muokkaamaan työtehtäviä, kun fyysinen työ tulee vähenemään radikaalisti samalla, kun etenkin teknologiaa, informaatiota ja automaatiota ymmärtävän ja osaavan työvoiman kysyntä tulee kasvamaan. Näistä lähtökohdista haastateltavat arvioivat teknisten tehtävien tulevaisuutta.

Frey & Osborne (2013) ovat tuoneet esille automaation ja robottien vaikutukset myös ei-rutiininomaisissa tehtävissä ja tämä havainto näyttää korostuvan tulevaisuudessa, kun neljäs teollinen vallankumous on alka-maisillaan. Enää pelkästään rutiininomaiset ja kognitiiviset työtehtävät eivät ole niitä, joihin digitalisaatio ja automaatio tulee vaikuttamaan, vaan se tulee muokkaamaan laajemmin lähes kaikkia teknisiä työtehtäviä. Lisäksi haastateltavien mukaan automaatio ja digitalisaatio tulee vaikuttamaan myös niin sanottuihin ”matalan riskin ammatteihin”, joita Freyn & Osbornen (2013) mukaan ovat esimerkiksi tekniset työtehtävät, jotka liittyvät esimerkiksi tietotekniikkaan. Samalla kun jotkut esimerkiksi ylläpidolliset työtehtävät vähenevät tai lakkaavat, painopiste siirtyy digitaalisia teknologioita, kuten tekoälyä ja dataa hyödyntäväksi.

Toisaalta Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen vastaisesti haastatteluissa nousi esille, että vain harva työntekijä on kokonaan korvattavissa automaatiolla kokonaan. Tämä näkyi haastatteluissa, kun haastateltavat muun muassa arvioivat, että tietyt tekniset työtehtävät saattavat siirtyä tietokoneiden tehtäviksi, mutta yksittäisiä työntekijöitä, joiden työtehtävät ovat heterogeeniset, on vaikea korvata kokonaan. Frey & Osborne (2013) arvioivat, että lähes puolet työntekijöistä olisi kokonaan korvattavissa, mutta haastatteluiden perusteella vaikuttaa, että tämä luku on paljon pienempi. Haastateltavien mukaan ainoastaan jotkut harvat ylläpidolliset tehtävät olisivat mahdollisesti kokonaan automatisoitavissa niin, että ihmisten tulisi siirtyä täysin uuteen ammattiin ollakseen edelleen kannattavia työntekijöitä. Sen sijaan haastatteluiden perusteella vaikuttaa siltä, että yksittäiset työtehtävät ovat automatisoitavissa sitä mukaan, kun esimerkiksi tekoäly, robotiikka tai pilvipalvelut saavat suhteellisen edun ihmistyöhön verrattuna. Tämä ei kuitenkaan vaikuta tarkoittavan sitä, että ne korvaavat kokonaan ihmisen tekemän työn, sillä haastatteluiden perusteella ihmisten työtehtävät ovat erittäin heterogeenisia ja tarpeen mukaan muokkautuvia. Myös Arntz ym. (2016) huomioivat tutkimuksessaan työntekijöiden heterogeeniset työtehtävät toisin kuin esimerkiksi Frey & Osbornen (2013). Arntzn ym. (2016) havainnot ovat yhtenevät haastatteluiden kanssa ja tukevat sitä, että yksittäiset työtehtävät ovat automatisoitavissa, ei niinkään kokonaiset ammatit, toisin kuin Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen perusteella. Lisäksi haastatteluiden perusteella vaikuttaa, että työntekijät sopeutuvat hyvin muutostilanteisiin. Esimerkiksi jos jokin uusi teknologia alkaa korvaamaan manuaalisia työtehtäviä, työntekijät sopeutuvat tilanteeseen muokkaamalla tehtäväkuva teknologioita hyödyntäväksi. Myös Arntzn ym. (2016) tutkimus tukee tätä näkemystä.

Haastattelujen perusteella muutos tulee seuraavan kymmenen vuoden aikana olemaan vähintään yhtä radikaali kuin mitä se on ollut viimeisen kymmenen vuoden aikana. Haastattelut tukivat täten Mooren lakia kiihtyvästä teknologian kehityskulusta. Tämä havainto korostui kaikissa haastatteluissa ja nopean muutosvauhdin takia haastateltavien oli selkeästi vaikea arvioida tulevaa muutosta teknisissä työtehtävissä. Haasteesta huolimatta aineistosta nousi kuitenkin selkeästi muutama selkeä ja yhtenäinen ajatus siitä, miten tekniset työtehtävät tulevat muovaantumaan vuoteen 2030 mennessä.

Suurin tulevaa työtehtävien muutosta ajava tekijä tuntui olevan haastatteluiden perusteella digitalisaatioon liittyvät pilviteknologiat ja erityisesti suuret pilvipalveluidentarjoajat, sillä jokainen haastateltava nosti pilvipalvelut esille, kun pohdimme tulevaisuuden teknisiä työtehtäviä. Pilvipalvelut korostuivat jo edellisessä kappaleessa, jossa pohdittiin, miten tekniset työtehtävät ovat muuttuneet historiassa, mutta vähintään samantyyppistä, ellei jopa merkittävämpää muutosta, haastattelijat povasivat tulevaisuuteen. Jäi kuitenkin epäselväksi, miten pilvipalvelut ja niiden tarjoajat tulevat muokkaan työtehtäviä tulevaisuudessa historiaan verrattuna vai jatkuuko kehitys samantyyppisenä. Pilvipalveluiden merkitys näkyi kuitenkin jokaisen haastateltavan vastauksissa ja seuraava lainaus kuvaa hyvin niiden merkitystä:

Aikoinaan 60-luvulla joku väitti, oliko se IBM:n joku tunnettu tutkija, että maailmaan riittää 5 tietokonetta. Sitä naurettiin, että eihän se voi pitää paikkansa. Mä oon ite puhunut jo monta vuotta siitä, että voi olla että se oli oikeessa, että meille riittää, että on Google, Microsoft, Azure, Amazon ja AWS ja 2-3 muuta. Periaatteessa maailmaan riittää ne 5 tietokonetta, kaikki muut ovat vain päätelaitteita. Oikeasti tavallaan se infra ja rauta yms. sinne hyvinkin pitkälle häviää pilveen ja meidän maailmassa hyödynnetään sitä. H2

Tästä yllä olevasta lainauksesta voi päätellä pilvipalveluiden merkittävyyden. Vastauksesta käy hyvin ilmi haastateltavan näkemys siitä, millaisen roolin pilvipalvelut ovat saaneet ja tulevat saamaan sekä mihin suuntaan kehitys on menossa. Kaikki muutkin haastateltavat arvelivat, että pilvipalveluiden merkitys työtehtävien sisällössä tulee korostumaan myös tulevaisuudessa.

Haastattelujen perusteella vaikuttaa, että kehityskulku tulee olemaan monelta osin samanlainen kuin se on ollut lähihistoriassa. Muutossuunta tulee haastateltavien mielestä siis pysymään samana, eli yrityksen työntekijöiden tehtävänä on entistä korostetummin ymmärtää reaali maailmaa ja ratkaista asiakkaan ongelmia rutiinitöiden sijaan. Haastateltavien mukaan tulevaisuudessa yhä enemmän ja enemmän palveluita on ostettavissa pilvestä ja työntekijöillä on entistä enemmän aikaa keksittyä ainoastaan omaan liiketoimintaan. Eli

vaikka teknisiä ongelmia joudutaan edelleen yleismaailmallisesti ratkaisemaan, enää yritysten ei tarvitse tehdä sitä itse, vaan pilvipalveluiden tarjoajat tekevät sen puolesta. Näin ollen työntekijät pystyvät itse keskittymään ”elävän elämän ongelmien” ratkaisemiseen, niin kuin haastateltava asian muotoili:

Ratkaisut on pilvessä päämiehen tarjoamassa ympäristössä, niin he tavallaan keskittyvät hyvin spesifisten detaljitason asioiden ratkaisuihin, niin meidän tehtävä on liiketoiminnan ongelmien, elävän elämän ongelmien ratkaisut. H2

Haastatteluiden perusteella historia saa siis jatkumoa teknisten työtehtävien kehityksessä, kun teknisten työntekijöiden roolit haastateltavien mukaan siirtyy yhä lähemmäs todellista liiketoimintaa:

Se osaamisen taso on mennyt korkeammaksi ja korkeammaksi, liiketoimintaa lähemmäksi eli liiketoimintaa hyödyntäväksi. H2

Haastateltavat korostivat, että tämä kehityskulku tulee vahvistumaan entisestään tulevaisuudessa. Tällä kehityskululla tarkoitetaan sitä, että kerran keksittyä ei tarvitse uudestaan rakentaa tai luoda, vaan se voidaan automaattisesti toistaa roboteilla.

Schwabin (2015) mukaan neljänteen teolliseen vallankumoukseen liittyvät läpimurrot digitalisaatioon liittyvissä teknologioissa, kuten esimerkiksi tekoälyssä. Haastatteluiden perusteella voidaan päätellä, että kiistelty neljäs vallankumous on todella tulossa. Odotetut harppaukset erityisesti tekoälyssä näkyivät jokaisen haastateltavan puheessa, sillä sen vaikutusta työtehtäviin korostettiin jokaisessa vastauksessa. Työtehtävät siirtyvät haastateltavien mukaan entisestään pois jo kerran rakennettujen rakenteiden rakentamisesta ja ylläpitämisestä asiakkaiden liiketoimintatarpeiden ymmärtämiseen ja ratkaisemiseen esimerkiksi tekoälyn avulla. Neljänteen vallankumoukseen liittyvät tekoäly ja muut digitaaliset teknologiat tulevat siis haastateltavien mukaan vaikuttamaan vahvemmin teknologiayritysten teknisiin työtehtäviin ja tämä tulee muuttamaan teknisiä tehtäviä yhä automaattisemmaksi. Haastateltavat nostivat esille dataan, robotiikkaan ja tekoälyn liittyviä työtehtäviä ja arvioivat, että tekniset työtehtävät rakentuvat tulevaisuudessa yhä enemmän tällaisten tehtävien ympärille samalla, kun osa esimerkiksi ylläpidollisista tehtävistä karsiintuu pois.

Työ siftautuu enempi ja enempi sinne insightti ja analytiikka ja tekoäly ja ohjelmistorobotiikan suuntaan. Vähempi tarvii sille puolelle tehdä enää perus ohjelmointityötä. Voidaan nähdä sifti näiden [teknisten] kavereiden työssä, että ne tulee enempi tekee sillä analytiikka ja robotiikkapuolella töitä. H5

Haastatteluissa kuitenkin nostettiin esille, että näiden uusien teknisten roolien syntyminen vaatii sitä, että osa nykyisistä työtehtävistä vähenee. Tässä mielessä Freyn & Osbornen (2013) tutkimus oli oikeilla jäljillä ammattien vähenemisessä teknologian kehittyessä, vaikka he eivät huomioineetkaan uusien liiketoimintamahdollisuuksien ja -teknologioiden synnyttämiä uusia työtehtäviä. Pilvipalveluiden merkityksen kasvaessa haastateltavat epäilivät, että esimerkiksi infrastruktuurissa työskentelevien henkilöiden työtehtävät saattavat loppua kokonaan tulevaisuudessa, kun pilviteknologioiden käyttö tulee edullisemmaksi ja tietokoneet saavuttavat suhteellisen edun näissä työtehtävissä.

Uskoisin, et ihmisten määrä vähenee, mitä tullaan ylläpitoon tarvitsemaan tai siis tonne infrastruktuurin ylläpitoon, et se määrä tulee vähenemään pitkällä aikajaksolla. H4

Kuten yllä arvioitiin, infrastruktuurin ylläpitäjien rooli saattaa olla automatisoitavissa ja loppua kokonaan sellaisenaan. Haastateltavat arvioivatkin, että henkilöresursseja siirretään infrastruktuurista esimerkiksi ohjelmointiin tai muuhun luovempaan työhön, kun ihmisen ei enää kannata käyttää aikaa infrastruktuurista huolehtimiseen palveluiden ollessa digitaalisia. Sen sijaan se kannattaa ulkoistaa pilvipalveluntarjoajille, kun tietokonepääoman kustannukset ovat laskeneet. Rutinoitumishypoteesin mukaan tietokonekustannusten aleneminen nostaa ei-rutiininomaisten työtehtävien rajatuottavuutta ja siirtää työntekijöitä alaluvussa 2.3 esitetyn U-käyrän alku- tai loppupäähän. Tässä tapauksessa näyttää siltä, että infrahenkilöstö siirtyy u-käyrän loppupäähän tekemään ei-rutiininomaisia ohjelmointien töitä.

Erään haastateltavan mukaan infrastruktuurissa työskentelevät henkilöt ovat itse mahdollistamassa tämän muutoksen. He toimivat mahdollistajina sillä tavalla, että he ovat tällä hetkellä henkilöitä, jotka ottavat yllä kuvattuja pilvipalveluita käyttöön ja nämä ”isot tietokoneet”, kuten Amazon, Google tai Microsoft on ainut infrastruktuuri, mitä yritykset tarvitsevat, sillä kaikki palvelut ovat sieltä saatavissa digitaalisena, eikä omaa infrastruktuuria tarvita.

Ne tekee itsensä työttömiksi. Ne mahdollistaa sen. Ne rakentaa sen sillan siihen maailmaan, ettei niitä enää tarvita. H3

Toisaalta kaikki haastateltavat eivät uskoneet muutoksen tapahtuvan niin nopeasti kuin toiset. Eräs haastateltava oli skeptinen pilvipalveluiden, kuten Amazonin kykyyn korvata ihmisiä työntekijöinä lyhyellä aikavälillä:

Syy miksi Amazon on yhdeks maailman isoimmaks yritykseks, on lupaus automaatiosta. Se idea millä he myy itseään on, et sun ei tarte ylläpitää mitään, vaan kaikki on automaattista, mut ei se ihan vielä niin oo. Kai sekin kehityspolku joskus sinne saakka päätyy. H4

Infrastruktuurin lisäksi myös testaajien työtehtävien arveltiin loppuvan radikaalisti yrityksissä, joissa sellaisia työskenteli tällä hetkellä. Muutos epäiltiin syntyvän uusien digitaalisten automaatioteknologioiden seurauksena.

Varmaan lähtee pienemmistä firmoista ensinnä liikkeelle, et jätetään koko testausfunktio pois ja luotetaan siihen, että kone testaa tarpeeks hyvin. H4

Näiden tehtävien automatisaatio kertoo siitä, että nämä tehtävät ovat riittävän rutiininomaisia automatisoitaviksi. Vaikka eräs haastateltava arvioikin, että esimerkiksi infrastruktuurissa työskentelevä henkilökunta ”tekee itsensä työttömiksi”, ei tämä kyseenomainen haastateltava tai muutkaan haastatellut tällaista todellisuudessa epäilleet. Sen sijaan he arvelivat, että testaus- ja infrastruktuurifunktion työntekijät alkavat siirtymään toisiin tehtäviin. Infrastruktuurin ja testausfunktion henkilökunnan katoaminen onkin vain pieni nyanssi muutoksessa, jota haastateltavat povasivat tulevaisuudessa tapahtuvan digitalisaation ja automaation kehittyessä. Suuressa kuvassa tekniset tehtävät siirtyvät haastateltavien liiketoimintaa lähemmäksi, kun muun muassa rakentaminen ja ylläpitotehtävät vähenevät ja työntekijät saavat keskittyä uuden keksimiseen ja luomiseen. Tämä muutos ja siirtyminen tehtävien osalta liiketoimintaa lähemmäksi näkyi useissa vastauksissa eri teknisten tehtävien kohdalla.

Jos noi työkalut pystyy lyömään itensä läpi, niin [testaus]tiimillä olis mahdollisuutta ottaa isompaakin roolia ja tulla lähemmäks tuoteorganisaatiota, kun nythän noi on tavallaan sellasia laadun takeita, että ei olis virheitä. Jos ne pystyiskin kontribuomaan noiden työkalujen avulla siihen enemmän, et mikä on niinku hyvää. Et tavallaan sitä hyvää käytettävyyttä tai hyvää ulkoasua tai hyvää tehokkuutta, niin voisivat laajentaa sitä omaa reviiriä kehittävämpään suuntaan. H4

Tässä vastauksessa nähdään esimerkinomaisesti, kuinka haastateltava arvioi, että tällä hetkellä ainoastaan laadunvarmistuksessa eli testauksessa työskentelevät henkilöt voisivat arvioiden mukaan alkaa kehittää itse toimintaa ja viemään näin koko liiketoimintaa eteenpäin. Summauksena haastateltavat kiteyttivät näkemyksen siitä, kuinka työtehtävät liikkuvat todennäköisesti tulevaisuudessa lähemmäksi asiakasta, kun sellaiset työtehtävät, joissa ei luoda uutta tai olla asiakkaan kanssa tekemisissä, robotisoituvat.

Eräässä haastattelussa haastateltava epäili, että myöskään ei-rutiininomaisten työtehtävien tulevaisuus ei ole varma. Esimerkiksi Frey & Osborne (2013) korostivat tutkimuksessaan myös, että myös ei-rutiininomaiset työtehtävät ovat automaatiouhan alaisia ja läpimurrot teknologiassa vähintään voivat muokata myös tällaisia tehtäviä voimakkaasti. Vastausten perusteella näyttääkin siltä, että myös ei-rutiininomaiset tehtävät ovat mahdollisesti automatisoitavissa tekoälyllä. Joidenkin haastateltavien arvioiden mukaan tekoälyllä pystytään jopa ennustamaan tulevaisuutta historiallisen aineistojen avulla ja näin luomaan ratkaisuja tulevaisuuden ongelmiin.

Ollaan tänä vuonna tehty erilaisia AI-projekteja ja tavallaan kokeilumielessä kättö mihin kaikkeen se pystyy. Varmasti siis käy niin, että palveluista tulee tulevaisuudessa kehittyneempiä ja toivottavasti myös sellasia itseohjautuvia. H4

Mietitään tulevaisuutta, niin sinne AI-puolelle on tulossa vahvasti tämmönen insight-tyyppinen, eli että pystytään oppii siitä, miten muutokset on ennemmin menny ja mitä tapahtui, sitten tekoälyn keinoin rakentaa sellasta arviota että mihin ollaan tulevaisuudessa menossa ja se voi varmasti tulevaisuudessa tarjota jo vaihtoehtoja, että ennen kun on ollut tämmönen haaste, niin se on ratkaistu näin -tyyppisiä juttuja. H5

Haastateltavat arvioivat kuitenkin, että tekoäly ei kokonaan korvaa ihmistä esimerkiksi tulevaisuusskenaarioiden tekemisissä ja näiden ongelmien ratkaisuisissa, mutta mahdollisesti se pystyy tekemään osan tällaisista ei-rutiininomaisista tehtävistä. Haastateltavat eivät yleisesti uskoneet, että tekoäly keksisi jotain täysin uutta, vaan ratkaisut perustuisivat historiadataan, jonka perusteella tekoäly tekee ehdotuksensa. Eräs haastateltava muistutti, että jos tekoälyn avulla pystytään kuitenkin jatkossa kehittämään ratkaisuja tulevaisuuden ongelmiin, niin sen sijaan, että ihmisten täytyy käyttää työpanosta siihen, jää heille enemmän aikaa johonkin muuhun tehtävään, esimerkiksi täysin uudenlaisien innovaatioiden kehittämiseen.

Mahdolliset uudet tekniset työtehtävät tulevaisuudessa

Haastateltavilta pyydettiin myös arvioimaan, tuleeko heillä olemaan jotain sellaista teknisen osaamisen tarvetta, joita ei yleisesti vielä ole olemassa. Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksessa tarkasteltiin automaation ja digitaalisten teknologioiden ammatteja hävittävää puolta, mutta monet tutkijat ovat kuitenkin kiinnittäneet huomiota myös niiden positiivisiin vaikutuksiin. Esimerkiksi Artznin ym. (2016) mukaan teknologiankehityksestä johtuva työn murros ei ainoastaan muokkaa ja hävitä vanhoja työtehtäviä tai ammatteja, vaan myös synnyttää täysin uudenlaisia teknisiä työtehtäviä tulevaisuudessa. Yhtenä käytännön esimerkkinä The Economic Times lehti nosti esille (02.10.2017), että sellaisten ohjelmistoinföörien, jotka osaavat ohjelmoida tietokoneita ymmärtämään ihmisen puhetta, kysyntä kasvaa nopeammin kuin minkään muunlaisten osaajien.

Haastateltavien oli vaikea keksiä täysin uusia teknisiä rooleja, sillä he painottivat enemmän ”moniosaamista” ja ”hybridirooleja” nykyisten teknisten tehtäviä sisällä sekä nykyisten tehtävien laajentamista uusien teknologioiden käyttöönoton myötä. Haastateltavien mukaan aikaisemmin saattoi olla tehtäviä, jossa keskityttiin ainoastaan yhteen kapeaan osa-alueeseen, mutta tulevaisuudessa tällaisia rooleja ei enää tule olemaan.

Nyt vielä pystyy olemaan aika hyvin ohjelmoija, jolla on kapee osaamisala ja sä osaat tehdä jotain tiettyä, mut mä uskon, että työnantajat tulee vaatii sitä, että ihmiset ei vaan tee niitä yhtä palikkaa, vaan kattoo myös... on vastuussa isommasta osasta. H3

Haastateltavien arvio puoltaa sitä, että nykyiset ja tulevat työtehtävät ovat niin heterogeenisia, että ne ovat vaikeasti automatisoitavissa kokonaan. Haastateltavien mukaan tehtäväkuvien monipuolistuminen tarkoittaa esimerkiksi sitä, että työtehtävien tehostumisen ja erilaisten pilvipalveluiden myötä teknisissä rooleissa joutuu tulevaisuudessa ottamaan entistä enemmän ja laajemmin vastuuta. Teknisten roolien arvioitiin muuttuvan tulevaisuudessa yhä monipuolisimmiksi ja liiketoimintaa hyödyttävimmiksi.

Tavallaan tehtävissä tulee olla isompi kuva hallussa, sen sijaan et ois pelkästään yksittäisiä konfiguraatiofilejä joiden parametreja pitää vääntää H4

Semmonen muutos on tulossa... Me ollaan yhdistetty niitä [rooleja] jo valtavasti tässä matkan varrella. Kun ennen on ehkä selkeesti ollut erillään, että on arkkitehdit ja koodarit, niin semmosta muutosta bisneksessä on paljon. Kun asiat automatisoituu, niin yks henkilö voi ratkoa laajempia ongelmakokonaisuuksia, jolloin niinku ne voi jotenkin mergeentyä sillain, että ne roolit säilyy, mutta ehkä enää ei oo oma tyyppinsä. H5

Moni haastateltavista esimerkiksi kiinnitti huomiota siihen, että kokonaisuuksien hahmottaminen sekä lo-mittainen eri rooleissa toimiminen tulee olemaan tulevaisuudessa avainasemassa. Haastateltavat pohtivat, että samalla kun teknologian käyttäminen yksittäisissä tehtävissä saattaa helpottua, tilalle tulee uudenlainen haaste eli laajempien kokonaisuuksien hahmottaminen ja hallitseminen. Teknologian käytön helpottuminen näyttää haastattelujen perusteella mahdollistavan tehokkaamman toiminnan ja työntekijöiden toimimisen lähempänä liiketoimintaongelmia, mutta epäselväksi haastatteluiden perusteella kuitenkin jäi, mitä nämä roolit käytännössä pitävät sisällään. Eräs haastateltava kuvasi muutosta seuraavasti:

Ehkä just se tehokkuus siinä, kun se bulkkitekeminen on pois, niin jos asiakkaalla on joku liiketoimintahaaste, johon se vaatii ratkaisun, niin se kaveri joka menee suunnittelee ja suunnittelee sen ensin arkkitehtuurisesti -- Sitten kun sulla on niin vahvat työkalut, niin on ehkä tehokkaampaan, että sä ite myös koodaat sen, kun sä oot itse saanu mietittyä sen ratkaisun sen sijaan, että ennen siitä ehkä paukastiin joku isompi projekti, jossa oli useempia koodareita. Me ollaan jo tehty kokeiluja tästä, eli me tehtiin tällasia hybridirooleja, me minimoitiin hand overit ja me viritettiin koneisto sillein, et meil oli tällasia moniosaajia. Me pystyttiin paljon pienemmällä porukalla tekee enempi. H5

Heterogeenisten työtehtävien lisäksi haastateltavat asiantuntijat korostivat vastauksissaan erityisesti digitaalisten teknologioiden hyödyntämiseen liittyviä rooleja, kuten ohjelmistorobotiikka-asiantuntijoita tai tekoälyä soveltavia rooleja. Nämä olivat kuitenkin haastateltavien mukaan sellaisia rooleja, joita on jo yleisesti olemassa. Kaikki haastateltavat eivät keksineet yhtään sellaista uutta teknistä roolia, mikä voisi todellisuudessa olla tulevaisuudessa tarpeellinen. Esimerkiksi data-puolen osaamista korostettiin kahdessa haastattelussa, mutta esimerkiksi Data Science -roolit eivät ole mitenkään ”uusia”, vaan erittäin yleinen rooli yrityksissä. Sen sijaan yksi haastateltava arvioi, että datamäärän lisääntyessä ”datan valvoja” voisi olla sellainen uusi tekninen rooli, mitä yritykset tarvitsevat tulevaisuudessa eettisyyden turvaamiseksi.

Se datan määrä ja se mahdollisuudet on niin isoja. Siinä tulee esimerkiks eettiset kysymykset, eli voi olla tämmönen et sä vastaat datan eettisyydestä. Totta kai sulla siinäkin roolissa pitää ymmärtää ne tekniset mahdollisuudet, mut sit pitää ymmärtää myös mahdolliset seuraukset. H3

Data-osaamisen ja siihen liittyvien roolien lisäksi haastateltavat korostivat uudenlaisia ”pilviosaajia”. Kolme haastateltavaa nostivat mahdolliset uudet pilvipalveluihin liittyvät roolit esiin, kun heiltä kysyttiin mahdollisia

täysin uusia tulevaisuuden teknisiä rooleja. Haastatteluissa on jo aikaisemminkin korostettu pilvipalveluiden merkitystä sekä sitä, että ne ovat lukuisine palveluvaihtoehtoineen monimutkainen ja vaikeasti hahmotettava kokonaisuus. Pilvipalveluasiantuntijat eivät ole pelkästään tulevaisuuden ammattinimike, vaan niitä on jo nyt olemassa, mutta niiden merkitys tulee haastateltavien mukaan korostumaan ja muokkaantumaan tulevaisuudessa.

Pilvipuolelle voi tulla ehkä vielä enempi semmosia, jotka vaan osaa hyödyntää niitä pilviteknologioita.

Nyt on jo ihmisiä, jotka erikoistuu jo tiettyihin palvelutarjoajiin, eli et sä oot amazon-asiantuntija tai googlen pilven asiantuntija, joka muuttaa teknologiasta vendoriin, joka on tietysti aika iso muutos ja tää tulee jatkumaan tulevaisuudessa. H3

6.2 Teema 2 – Automaation pullonkaulat

Seuraavassa haastattelun vaiheessa haastateltavien kanssa käsiteltiin viitekehyksen kohtaa A2, eli digitalisaation ja automaation pullonkauloja. Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen mukaan pullonkauloja ovat tietäntyyppiset työtehtävät eli havainnointi- ja käsittelykykyä, luovaa älykkyyttä tai sosiaalista älykkyyttä vaativat tehtävät. Haasteltaville ei kuitenkaan suoraan kuvattu näitä tutkimuksissa havaittuja pullonkauloja, sillä vastauksiin ei haluttu vaikuttaa liikaa. Haastattelussa kysyttiin seuraavia asioita:

Onko näistä jotkut sellaisia teknisiä työtehtäviä, jotka olisivat (teidän näkemyksen mukaan) vaikeita automatisoida ja minkä takia?

Tuleeko jotain muuta digitalisaatiosta ja automaatiosta riippuvaista työtehtävien muutosta hidastavaa tekijää mieleen?

Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen mukaan työtehtävät ovat suuren murroksen edessä ja erityisesti sellaisista teknisistä taidoista tulee olemaan kysyntää, mitä tietokoneet eivät pysty toteuttamaan. Kysymyksillä haluttiinkin selvittää, mitkä työtehtävät ovat tulevaisuudessa automatisoitavissa ja mitkä puolestaan eivät. Haastattelussa haluttiin selvittää myös tekijöitä, jotka vaikeuttavat ja hidastavat tehtävien automatisointia. Lisäksi kysymysten tarkoitus oli muistuttaa haastateltavia realiteeteista tulevaisuuden teknisestä kehityk-

sestä puhuttaessa, sillä esimerkiksi laajasti käytössä olevan Gartnerin hype-käyrän mukaan ihmiset yliarvioivat teknologian vaikutuksia lyhyellä tähtäyksellä, mutta aliarvioivat niitä pitkällä aikavälillä (Gartner 2018). Monissa muissakin tutkimuksissa on tuotu esille, että asiantuntijat saattavat helposti yliarvioida uusien teknologioiden vaikutuksen (mm. Autor 2014, 2015, Pfeiffer & Suphan 2015). Näiden tutkimusten mukaan koneiden suhteellinen etu työntekijöihin verrattuna yleensä yliarvioidaan tehtävissä, mitkä vaativat joustavuutta, arviointikykyä ja tervettä arkijärkeä. Lisäksi useat työtehtävät eivät ole riittävän selkeästi määritelty, että ne pystyttäisiin automatisoimaan ja ne saattavat olla liian epämääräisiä algoritmeille. Kaikki haastateltavat eivät uskoneetkaan radikaaliin muutokseen vielä lähitulevaisuudessa, vaan näkivät esimerkiksi ohjelmointityön jatkuvan suhteellisen samanlaisena myös tulevaisuudessa.

Mä oon varma, että jotkut sanoo, että ohjelmointi perinteisessä mielessä katoaa kokonaan -- mä oon nähny niin monta kertaa, kun näitä eri hopealuoteja on tullut, niin mä en usko siihen. H5

Ohjelmistokehitys, sielläkin tavallaan tapahtuu sitä, että on sitä perinteistä ohjelmointia ja se edelleen säilyy -- Työ helpottuu, mut sen suunnittelu ei katoa eli suunnittelutyö säilyy [ihmisten tekemänä]. H4

Eräs haastateltava summasi tulevan muutoksen teknisten työtehtävien suhteen osuvasti:

Tavallisesti meillä on joku kuva, että missä ihminen istuu ja ne mitä tehdään kädellä voidaan automatisoida, mutta ne jotka tehdään täällä (osoittaa päätä), se on vaikeasti automatisoitavissa. H2

Havainnointi- ja käsittelykyky

Haastatteluissa nostettiin esille monia tekijöitä, jotka vaikeuttavat tehtävien automaatiota ja robotisaatiota. Frey & Osborne (2013) tutkimuksen perusteella sellaiset tehtävät, joissa vaaditaan sensomotorisia taitoja, eli havainnointi- tai käsittelykykyä, ovat vaikeita tehtäviä koneille. Tällaisissa tehtävissä ympäristöä aistitaan näkö-, kuulo-, haju-, maku- tai tuntoaistin avulla ja toiminta mukautetaan havaintojen perusteella. Näitä seikkoja haastatteluissa ei noussut suoraan esille, mutta sen sijaan eräs haastateltava korosti havainnointikyvyn tärkeyttä esimerkiksi ennalta-arvaamattomien tilanteiden sattuessa:

Testaajien työtehtävissä normaalitilanteet pystytään pitkälle automatisoimaan ja tietyt virhetilanteet, mut sit se et sen sais ihan kokonaan toimimaan automaattisesti, vaikka jossain konesalissa jos tulee tulipalo tai tuolla joku kaivuri katkaisee kaapelin, et ne kaikki tilanteet, kaikkien virhetilanteiden ennakointi on vaikeeta. Musta me ollaan tosi kaukana siitä, et kaikki virheiden tunnistaminen saatais automatisoituu. H4

Havainnointikykyä tarvitaan tämän vastauksen perusteella myös jatkossa ihmisiltä virhetilanteiden tunnistamiseksi, eikä se ole haastateltavan mukaan automatisoitavissa lähitulevaisuudessa. Havainnointi- ja käsittelykykyyn liittyviä aisteja ei kuitenkaan nostettu haastatteluissa aktiivisesti esille sen suuremmin. Robotics-Von (2013) ennusteen mukaan havainnointi- ja käsittelykykyä vaativien tehtävien automatisoinnin pullonkaulat voidaan ylittää seuraavien vuosikymmenten aikana, eivätkä haastateltavat aktiivisesti nostaneet yllättävien virhetilanteiden lisäksi esille asioita, jotka olisivat esteenä tälle ennusteelle. Sen sijaan arviot siitä, että luovuus ja innovointi saavat tulevaisuudessakin alkunsa ihmisten välisessä kanssakäymisessä puoltaa sitä, että myös jatkossa havainnointi- ja käsittelykyky on tärkeä ominaisuus. Näitä ominaisuuksia tarvitaan normaalissa ihmisten välisessä kommunikaatiossa.

Luova älykkyys

Freyn & Osbornen (2013) mukaan myöskään luovaa älykyyttä vaativia tehtäviä ei todennäköisesti ole mahdollista automatisoida seuraavien vuosikymmenten aikana ja haastattelut tukivat tätä käsitystä. Luovalla älykkyydellä viittaa esimerkiksi luovaan ongelmien ratkaisuun tai nokkelien ja luovien ideoiden tuottamiseen. Tutkijat ja haastateltavat ovat samoilla linjoilla siitä, että luovaa älykyyttä vaativat tehtävät ovat myös jatkossa ihmisten tehtäviä. Esimerkiksi Bodenin (2003) mukaan tietokoneiden on vaikea toteuttaa luovaa älykyyttä vaativia tehtäviä, sillä ihmisen psykologiset prosessit on vaikea määritellä ja ne vaativat laajaa ymmärryspohjaa. Lisäksi hänen mukaansa ihmiset eivät itsekään aina ymmärrä luovaa prosessia eikä sitä näin ollen voi opettaa tietokoneillekaan. Myös haastateltavat arvelivat, että luovaa älykyyttä vaativat tehtävät vaativat ihmisen aivoja myös tulevaisuudessa, eikä sitä voida korvata esimerkiksi tekoälyllä.

Jos se on sellaista työtä, mikä vaatii esim. toimialaosaamista, niin sen tyyppistä päättelyä ja ongelmanratkaisutyötä ei pysty automatisoimaan. H3

Käytännössä, vaikka sitä miten näitä yhdistellään näitä ratkaisuja, tavallaan se pilvipalvelu fragmentoituu, mutta niitä on

useita, niin suunnittelu- ja ajattelutyö on ihmisten työtä tulevaisuudessakin. H2

Se että ihan koko koodi jotenkin syntyis automaattisesti ilman mitään ihmisimputtia pelkästään jonkun speksin pohjalta, niin kyl se viel aika kaukana on. Siinäkin varmaan se että ongelman kuvaaminen sille, siitä et mitä halutaan ratkaista.. sitä ei oo tällä hetkellä must näköpiiristä mitään tapaa, millä sellasta niinku pystyis mallintamaan. Me ei vaan osata yksinkertaisesti osata kertoa koneelle mikä ongelma se on mikä pitää ratkaista. H4

Ihmisten merkitys ongelmien ratkaisussa korostui haastateltavien vastauksissa ja he painottivat, että elävän elämän ongelmat tulevat jatkossakin olemaan ihmisten ratkaistavissa robottien sijaan. Reaalimaailman ongelmien ratkaisut ovat edelleen tulevaisuudessa liian monimutkaisia ratkaistavaksi roboteille, sillä ne eivät pysty luovaan ajatteluun. Tällaisia ongelmia voi tulla esimerkiksi asiakkaalta. Lisäksi uuden kehittäminen ja luova älykkyys vaati erään haastateltavan mukaan ”ymmärrystä maailmasta ja mihin maailma on menossa”, eivätkä koneet haastateltavien arvioiden mukaan pysty tähän lähitulevaisuudessa.

Meidän [ihmisten] tehtävä on liiketoiminnan ongelmien, elävän elämän ongelmien ratkaisut. H2

Frey & Osbornen mukaan tietokoneet eivät pysty ainakaan toistaiseksi tekemään esimerkiksi tutuista asioista uusia järkeenkäyviä yhdistelmiä, ja haastateltavien mukaan koneet eivät pysty tähän lähitulevaisuudessa. Myös nämä vastaukset tukevat sitä, että ihmiset tulevat jatkossakin kehittymään, ehkä jopa vielä entistään korostetummin, innovointiin, sillä se vaatii luovaa älykkyyttä.

Sosiaalinen älykkyys

Kolmantena digitalisaation ja automaation kehitystä työelämässä hidastavana tekijänä Frey & Osborne (2013) pitävät sosiaalista älykkyyttä vaativia tehtäviä, jotka ovat heidän mukaansa vaikeasti automatisoitavissa. Tällaisia tehtävissä vaaditaan muun muassa sosiaalista havainnointikykyä, neuvottelua ja suostuttelua. Tätä tutkimustulosta haastattelut tukivat myös täysin ja haastateltavat yksiselitteisesti arvioivat, että sosiaalista älykkyyttä vaativat tehtävät tulee olemaan automatisoimattomissa myös tulevaisuudessa.

Se on loppukäyttäjien ymmärtämistä. Et sä sitä voi täysin automatisoida. Et sä voi pelkästään pistää analytiikkaa siihen rakentamaan siihen sellasia ominaisuuksia, sitä mä en usko. H2

Mikään [robotti] ei korvaa henkilökohtasta dialogia. H5

Näiden yllä kuvattujen haastatteluiden perusteella voidaan arvioida, että ajattelutyö tarvitsee ihmistä jatkosakin. Lisäksi henkilökohtaisen dialogin tärkeyden korostaminen kuvaa hyvin ihmisten luontaista tarvetta kommunikoida ja olla tekemissä lajitovereidensa kanssa. Saman havainnon on tehnyt tutkimuksessaan esimerkiksi Pratt (2015), joka huomasi, että ihmiset kaipaavat toisen ihmisen kanssa käytyävuorovaikutusta, vaikka sille ei aina olisikaan mitään järkiperustetta.

Havainnollistavana esimerkkinä eräs haastateltavista kuvasi, kuinka he olivat kehittäneet eräälle merkittäväälle suomalaiselle pörssiyhtiölle palvelun, jota ei aikaisemmin kukaan muu ollut tehnyt. Palvelu kehitettiin haastatteleamalla ”kentällä” rakennustyömaalla työskenteleviä ihmisiä, joiden ongelma haluttiin ratkaista. Tämä oli hyvin havainnollistava tyypiesimerkki tehtävästä, joka haastateltavien mukaan tulee olemaan myös jatkossa ihmisten tehtävä. Tehtävä vaatii haastateltavan mukaan muun muassa työskentelyä asiakasrajapinnassa ja lähellä liiketoimintaa, ja sen toteutukseen vaaditaan muun muassa sekä luovaan älykkyyteen liittyvää ongelmanratkaisukykyä sekä sosiaalista älykkyyttä. Toisaalta haastateltavan mukaan sen jälkeen, kun tämä ongelma on ratkaistu ensimmäistä kertaa, voidaan se jatkossa ratkaista automaattisesti.

Koko ajan ne vanhat ongelmat automatisoituu, mutta ne uudet jutut taas, ne vaatii sitä käyttäjädialogia. Se on valtavasti semmosta jalkatyötä, ne käy juttelee ihmisten kaa. Se työ tulee säilyy, mut ne jutut mitä ne nyt käy juttelee, niin ne on kohta automaattisesti tarjolla, ei niitä tarte ratkoa jokaiselle asiakkaalle uudestaan ja uudestaan. H5

Haastateltavat korostivatkin, että lähes kaiken muun teknisen työn, pois lukien uuden kehittäminen, pystytään mahdollisesti automatisoimaan tulevaisuudessa.

Mä en usko, että on mitään semmosta, mitä ei pystyis automatisoimaan ja varsinkin kun tulee tekoälyt ja muut, niin kaikki vähitellen pystytään oppii. Ihan varmasti ne ensimmäiset iteraatiot pitää tehdä tulevaisuudessakin ihmisen toimesta ja ihmisen innovaationa, mut sit ku me ollaan jo ratkastu se ongelma jo muutaman kerran, niin tekoälyt sun muut pystyy toistaa sitä ratkasua. En usko,

että millään teknisellä alueella on semmosta jotain niin uniikkia, etteikö sitä pystyis tekoälyn keinoin vähitellen ratkasee. H5

Suunnittelu- ja ajattelutyö on ihmisten työtä tulevaisuudessakin, mutta se tekninen yhdistely, niin... jos saa vaikka tietyn Googlen tai Microsoftin alustalleen, niin se voi olla hyvinkin automaattista. H1

Näiden vastausten sekä aikaisempien tutkimusten (mm. Autor ym. 2003; Frey & Osborne 2013) perusteella näyttää siltä, että sellainen tekninen työ, missä luodaan uutta ja mihin vaaditaan ihmiskontaktia, ei tulla automatisoimaan ainakaan lähitulevaisuudessa.

6.3 Teema 3 – Draiverit

Kolmannessa teemassa haastateltavien kanssa käsiteltiin työntäviä ja vetäviä draivereita. Tässä tutkimuksessa draiverit ovat erilaisia digitalisaatioon liittyviä teknologioita, ja haastateltavilta kysyttiin heidän liiketoiminnalle tärkeimmistä digitaalisista teknologioista, jotka vaikuttavat voimakkaimmin heidän teknisiin työtehtäviin. Haastateltavien kanssa käsiteltäviä digitalisaatioon liittyviä teknologioita olivat *pilviteknologiat, Internet of Things, As a Service -konseptit, alustatalous, lohkoketjuteknologiat, 3D-tulostus, massadata ja tekoäly*. Haastateltavilla näytettiin lista digitalisaatioon liittyvistä suurimmista teknologioista. Teeman käsittely oli tärkeä, sillä eri teknologiat ovat teknisten tehtävien muutokseen ajavia tekijöitä ja merkityksellisimpien teknologioiden ymmärtäminen on tärkeää, jotta tulevaisuuden kehityssuuntia pystytään arvioimaan.

Jokainen haastateltava nosti digitaalisista teknologioista tekoälyn, SaaS:n ja pilviteknologiat esille puhuttaessa tärkeimmistä tulevaisuuden teknologioista, jotka tulevat todennäköisesti vaikuttamaan heidän liiketoimintaansa ja teknisiin tehtäviin tulevaisuudessa. Massadata ja alustatalous mainittiin kaikissa paitsi yhdessä haastattelussa. Sen sijaan IoT ja lohkoketjuteknologiat nostettiin esille ainoastaan yhdessä vastauksessa. 3D-tulostusta ei maininnut kukaan haastateltavista, muuten kuin heidän omien asiakkaidensa käytössä, mutta se ei vaikuttanut olevan haastatteluiden perusteella tulevaisuudessa tärkeä teknologia Deloitte-listan top50 nopeimmin kasvaville teknologiayrityksille. Jokainen yritys arvioi tekoälyn olevan tulevaisuudessa merkittävän teknologia, jolla erottaudutaan kilpailijoista. Eräs haastateltava nosti myös alustatalouden ja toinen sekä pilviteknologiat että SaaS -konseptit merkittävimiksi tulevaisuuden teknologioiksi, joilla he arvioivat saavansa kilpailukykyä. Yhdessä vastauksessa ajatus käännettiin myös pääläelleen, sillä haastateltava arvioi, että he saisivat merkittävää kilpailuetua kilpailijoihin verrattuna, jos he pystyisivät luopumaan pilviteknologioiden käytöstä niiden suurien kustannusten vuoksi.

6.4 Teema 4 – Heikot signaalit

Neljännessä teemassa haastateltavien kanssa pyrittiin tunnistamaan heikkoja signaaleita, jotka saattavat vaikuttaa tulevaisuuden osaamistarpeeseen. Heikkojen signaalien tunnistaminen on haastavaa, sillä niillä ei ole historiaa ja ne ovat nimensä mukaisesti heikkoja ja hiljaisia, eivätkä ne useinkaan vaikuta merkittäville. Heikko signaali on ikään kuin ilmiö, jonka tapahtumisen todennäköisyys on matala, mutta jonka seurausvaikutukset voivat olla toteutuessaan suuret. Se voi tässä kontekstissa olla ikään kuin pieni merkki tai muutos, joka voi olla signaali isommasta tulevaisuuden muutoksesta, joka vaikuttaa radikaalisti tulevaisuuden tekniisiin työtehtäviin. Tämän tutkimuksen kannalta niiden tunnistaminen on tärkeää, sillä ne voivat täydentää ja haastaa suuriin kehityskulkuihin perustuvaa tulevaisuustietoa ja yritykset usein tutkivatkin niitä tunnistaakseen uusia ideoita, innovaatioita, trendejä ja muita uusia tulevaisuuden skenaarioita. (Kuusi & Kampainen 2002, 120)

Haastattelusapluunana käytetty FSSF-arviointimatriisi oli jätetty haastattelutilanteeseen kokonaan tyhjäksi heikkojen signaalien kohdalla, sillä heikkojen heikkoja signaaleita on vaikea havaita varsinkaan, jos ei työkyseen tutki niitä. Heikot signaalit ovatkin yleensä yksittäisten ihmisten tekemiä yllättäviä tulkintoja uudesta tulevaisuustiedosta, ja tutkimuksessa heikkojen signaaleiden arvioiminen on jätetty täysin haastateltaville asiantuntijoille. Heikoilla signaaleilla pyrittiin hahmottamaan tekijöitä, jotka saattavat vaikuttaa digitalisaation ja automaation kehitykseen tulevaisuudessa. Haastateltavilta kysyttiin, minkälaiset heikot signaalit puoltavat sitä, että joidenkin työtehtävien sisältö muuttuu entisestään digitalisaation ja automaation myötä radikaalisti tulevaisuudessa sekä mitkä puolestaan sitä, että jotkut tekniset työtehtävät pysyvät muuttumattomina myös tulevaisuudessa. Haastateltavien kanssa pyrittiin löytämään heikkoja signaaleita, jotka saattaisivat vaikuttaa heidän yrityksensä näkökulmasta digitalisaation ja automaation kehitykseen ja näin ollen myös teknisten tehtävien kehityskulkuun tulevaisuudessa.

Kaksi haastateltavaa eivät keksineet yhtään heikkoa signaalia, joka puoltaisi sitä, että tekniset työtehtävät pysyvät nykyisellään. Toisaalta kukaan haastateltavista ei tuonut esille heikkoja signaaleita, jotka puoltaisivat sitä, että tekniset työtehtävät muuttuisivat radikaalisti tulevaisuudessa. Ehkä tämä kertoo siitä, että radikaalia muutosta pidetään itsestäänselvyytenä. Sen sijaan kolme haastateltavista keksivät joitakin heikkoja signaaleita, jotka puoltavat sitä, että tietyt tekniset työtehtävät pysyvät muuttumattomina myös tulevaisuudessa.

Yksi haastateltavista uskoi tunnistavansa heikon signaalin ohjelmoijien työskentelytavoissa. Hän uskoi historian toistavan itseään niin, että ohjelmoijien työtehtävät pysyvät osittain samana kuin aikaisemmin, ainakin vuoteen 2030 asti. Heikkona signaalina hän piti sitä, että ohjelmoinnissa ollaan siirtymässä jälleen monilta

osin vanhoihin teknologioihin. Mikäli haastateltavan havainto on totta, tämän perusteella ohjelmoijien työ ei tulisi muuttumaan lähitulevaisuudessa niin radikaalisti kuin monet muut haastateltavat ja esimerkiksi Frey & Osborne (2013) uskovat.

Siel on ehkä useitakin tapauksia, missä ollaan ikään kuin palattu vanhaan. Ehkä se on vähän heikko signaali, mut esimerkiksi tietokantateknologia, jos miettii muutama vuos takaperin, miten paljon tällasista noSQL, jotka on ei-relaatiotietokantoja, miten paljon niistä puhuttiin. Nyt vois sanoo, et ehkä on signaaleja siitä, et aika monet siirtyy takasin vanhaan relaatiomalleihin. Se on kuitenkin todella iso osa ohjelmointityötä. Vähän kokeillaan uutta, palataan vanhaan. Vähän näkyy ehkä ohjelmointikielissäkin sitä että monessa luotetaan kuitenkin sitten aika perinteisiin. Monet vähän tekee come backia. Se kuvaa sitä, että se mun mielestä ei välttämättä tuu isoa radikaalia muutosta. H3

Toinen haastateltava nosti puolestaan tekoälyn kehitykseen liittyvät pelot heikoksi signaaliksi. Hänen mukaansa pelot saattavat tarkoittaa sitä, että teknisissä työtehtävissä ei tulla näkemään radikaaleja muutoksia reilun kymmenen vuoden aikajänteellä.

Heikko signaali voi olla, että pelko tekoälyä kohtaan kasvais merkittävästi, niin sehän vois hyvinkin rajoittaa sitä miten sen käyttöönotto sitten etenee. Vuos pari sitten nää kaikki.. tech-alan starat perustivat sen OpenAI-organisaation, joka vastustaa sitä... Siel on näitä Elon Muskeja. Tavallaan heillä se pääpointti on että pitäis määritellä, minkälaisia tehtäviä AI:lle voi antaa. Jos sitä ei mitenkään kontrolloida, niin sitten kapitalismi johtaa väistämättä siihen että joku rakentaa joku päivä sellasen tekoälyn, joka on älykkäämpi kun ihminen, joka taas, mitä sitten päättääkään tehdä, se on sitten vaikee sanoo, ku ollaan tyhmempiä kun se. H4

Eräässä vastauksessa tuli esille kuluttajien luottamuksen puute yrityksien esittämään dataan, joka saattaa osaltaan jarruttaa muutosnopeutta. Heikkona signaalina luottamuksen heikentymisestä hän piti esimerkiksi Youtuben katsojalukujen vääristelyjä, joka on yksi esimerkki datan vääristämisestä.

Täst on hyvä, oikeesti sellanen hyvä heikko signaali, on jos kattoo Youtubee, miten paljon siellä vedätetään niillä... lukuja vääristellään silleen, että ostetaan näyttöjä ja muita. Sama muualla somessa. H3

Myös toinenkin haastateltava toi esille dataan liittyvät huolet ja haasteet ja epäili, että esimerkiksi keväällä 2018 voimaan tullut GDPR-laki lisää kuluttajien halua ”omistaa” itseään koskevaa dataa, niin että yritykset eivät pysty enää vapaasti käyttämään kaikkea saatavilla olevaa dataa.

Toi GDPR tuli tossa keväällä ja tavallaan niinku ylipäättänsä ihmisten tietoisuus heidän omaan dataan liittyen ja tavallaan sen käsittelymiseen ja hallintaa. Tavallaan se, että jos tossa datan omistajuus rajusti jotenkin muuttuis, ja tavallaan ihmiset alkais aidosti omistaa sen oman datansa, niin sehän tarkoittais et tekis niinku tämmösen firman toiminnan tosi hankalaks, koska meidän pitäis jotenkin saada yhdistettyä siellä yksityisihmisten ja yritysten ja kuka omistaa mitäkin dataa. H4

Yllä esitetyt huolet dataan liittyen saattavat siis haastateltavien mukaan hidastaa esimerkiksi tekoälyn ja automaation kehitystä, koska ne vaativat paljon dataa toimiakseen. Jälkimmäinen haastateltava näki dataan liittyvät haasteet jopa uhkaksi heidän yrityksensä olemassa ololle. Jos tällaiset edistykselliset teknologiayritykset, jotka vievät kehitystä eteenpäin, kaatuvat datahaasteiden takia, saattaa kehitysnopeus hidastua radikaalisti tämän tyyppisten heikkojen signaalien toteutuessa laajemmassa mittakaavassa.

Monet kehitystä hidastavista hiljaisista signaaleista liittyivät tavalla tai toisella luottamuksen puutteeseen ja epäluuloon digitalisaatioon liittyviä ilmiöitä kohtaan. Esimerkiksi kirjailija Immo Salo (2014) on kirjoittanut vastaavasta aiheesta samanlaisia havaintoja. Muun muassa pilvipalveluiden kehittymisen esteenä on Salon mukaan nimenomaan luottamuksen puute. Esimerkiksi Yhdysvalloissa luottamusta heikentävä tapahtuma oli, kun valtio vuosi salaiselle palvelulle pilveen tallennettua tietoa yhteisen turvallisuuden vuoksi. Myös esimerkiksi tekoälyssä käytetty massadata on saanut kritiikkiä yksityisyydensuojan riittämättömyydestä, sillä yritysten on mahdollista tuottaa tarkkoja analyyskejä yksittäisistä asiakkaista dataliikenteen solmukohdista poimitun tiedon avulla (Salo 2014). Tuoreimpana esimerkkinä luottamuksen heikentymisestä on Facebookin tietovuotoskandaali, jossa se vuosi kymmenien miljoonien käyttäjien tiedot Cambridge Analytica yhtiölle presidentin vaalien alla (Tekniikka & Talous 5/2018). Tällaiset tapaukset ovat omiaan hidastamaan digitalisaation ja automaation kehitystä.

Eräs haastateltava näki puolestaan uhkaksi liiketoiminnalle digitalisaation siirtymisen asiakasyritysten itsensä hoidettavaksi sen sijaan, että yritykset käyttäisivät kumppania..

Heikko signaali on se, että se lukee kaikissa kaikkien firmojen vuosikertomuksissa ja muissa, että nyt tehdään digitalisaatiota ja sitten ne palkkaa CDO:n eli chief digital officerin ja sitten se rupee rakentaa itelleen sitä kehityskoneistoo. Kyl se heikko signaali on just siellä, et nyt monissa medioissa ja aika monissa meidän asiakkuuksissa näkyy, että on hirvee halu insourcata. H5

Ensinnäkin haastateltava näki tämän uhkana heidän toiminnalleen, mutta ennen kaikkea tästä voisi seurata, että digitalisaatiota ja siihen liittyviä teknologioita eivät enää kehitä niihin erikoistuneet teknologiayritykset, vaan ”tavanomaiset” yritykset muun liiketoiminnan sivussa. Tämä saattaisi myös hidastaa kehityskulkua, kun muuhun liiketoimintaan keskittyneet yritykset kehittäisivät digitalisaatiota pienemmässä mittakaavassa ai-noastaan oman yrityksen käyttöön yhden henkilön eli CDO:n voimin. Tämä kehityskulku on kuitenkin nähty haastateltavan mukaan aikaisemminkin, eikä heikko signaali välttämättä muuta kehitystä radikaalisti.

*Se on sellasta siniaaltoo. Ne insourcaa, ne outsourcaa, ne insourcaa, ne outsour-
caa vuorotellen. H5*

On vaikea arvioida, mitkä näistä haastateltavien tunnistamista heikoista signaaleista ovat merkityksetöntä ärjyntää ja mitkä todellisia heikkoja signaaleita. Toteutuessaan jokainen näistä heikoista signaaleista voisi kuitenkin vaikuttaa radikaalisti tulevaisuuden teknisiin osaamistarpeisiin hidastamalla kehitystä niin, että esimerkiksi vuonna 2030 tekniset roolit ja osaamistarpeet eivät ole menneet niin paljon eteenpäin kuin esimerkiksi Frey & Osborne (2013) ennustavat.

6.5 Teema 5 – tulevaisuuden tekninen osaamistarve

Neljän ensimmäisen teeman käsittelyn tarkoituksena oli valmistella haastateltavia viimeiseen eli viidenteen teemaan. Neljää ensimmäistä teemaa voidaan pitää johdantona ja viimeisessä teemassa haastatteluissa syvennyttiin tutkimuksen kannalta tärkeimpään kysymykseen:

Minkälaista teknistä osaamista teknologiayritykset tarvitsevat tulevaisuudessa vuonna 2030?

Haastattelut ja tutkimukset (esim. McKinsey 2017; Frey & Osborne 2013, 2017; Arntz ym. 2016) tukevat näkemystä, jonka mukaan korkeaa osaamista vaativat työtehtävät ovat pienimmän automaatiouhan alla. Tästä huolimatta Freyn & Osborne (2013) ennustivat, että 47% nykyisistä ihmisten tekemistä työpaikoista korvataan kokonaan robotisaatiolla ja automaatiolla lähitulevaisuudessa, joista osa tulee olemaan myös korkeaa

osaamista vaativia ei-rutiininomaisia työtehtäviä. Tutkimusten mukaan kehitys riippuu kuitenkin pitkälti teknologisen kehityksen nopeudesta koneoppimisessa ja roboteissa sekä niiden kustannuksesta. Tulevaisuuden tekniset osaamistarpeet ovat kuitenkin epävarmat, sillä esimerkiksi olemassa olevien digitaalisten teknologioiden kehitystä ja yleistymistä tai kokonaan uusien teknologioiden syntymistä on mahdoton ennustaa aukottomasti. Kaikki nämä tekijät tulevat vaikuttamaan teknologiayritysten tuleviin osaamistarpeisiin. Tässä teemassa haastateltavien kanssa pyrittiin täyttämään Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksen tutkimusaukko, eli se, miten työtehtävät muuttuvat tulevaisuudessa digitalisaation ja automaation seurauksena ja mitä teknistä osaamista yritykset haluavat ihmisiltä tulevaisuudessa.

Tähän haastatteluvaiheeseen pyrittiin jättämään suuri osa käytettävissä olevasta ajasta ja keskustelut haastattelutilanteessa kävivät kiivaana, kun haastateltavat pääsivät jakamaan näkemyksiään tulevaisuuden teknisistä osaamistarpeista. Muutaman haastattelun jälkeen oli kuitenkin havaittavissa, että muutosnopeuden takia yksittäisiä tulevaisuudessa tarvittavia teknisiä taitoja on vaikea arvioida, eikä se ole mielekästä. Näin ollen aineisto tuli kylläiseksi nopeammin kuin alun perin oli odotettu. Yksittäisten teknisten taitojen sijaan haastateltavat korostivat kykyä hyödyntää uusia teknologioita.

Ensinnäkin, pilvipalveluiden ja etenkin pilvipalvelutarjoajien merkitys korostui jokaisen haastattelun vastauksessa. Pilvipalvelutarjoajien merkitys näkyi koko haastattelun läpi, mutta niiden merkittävyyttä korostettiin etenkin viidennessä teemassa, kun haastateltavilta kysyttiin, minkälaista teknistä osaamista heidän mielestään tulevaisuudessa tarvitaan ihmisiltä.

Me koulutetaan nyt raivolla jengiä pilvijuttuihin. Pyörii koko ajan. Se on selvää, että pilviosaaminen on tulevaisuudessa aivan a ja o. H5

Isojen pilvipalvelutarjoajien olemassaolo ja markkina-aseman kasvaminen näyttää vastausten perusteella olevan merkittävä tekijä työtehtävien ja osaamistarpeiden muutoksessa. Merkittävä muutokseen ajava tekijä se on ollut jo historiassa, mutta pilvipalveluiden vaikutus näyttää haastatteluiden perusteella korostuvan tulevaisuudessa. Pilvipalveluiden tarjoajien merkitys korostuu ja kiteytyy hyvin seuraavaan haastateltavan ajatukseseen:

Meille riittää, että on Google, Microsoft, Azure, Amazon ja AWS ja 2-3 muuta. H1

Tällä ajatuksella haastateltava kuvasi sitä, kuinka merkittäviä työntekoa määrittävä tekijä pilvipalveluiden tarjoajat ovat. Isot pilvipalvelutarjoajat ovat muokanneet työelämää pysyvästi ja tulevat tulevaisuudessa vaikuttamaan entistä merkittävämmiin työelämään, sillä pilvipalvelut ovat kaikkien saatavilla.

Jatkossa se menee ehkä niin, että sitä vanhaa osaamista ei enää oo, et ajatellaan, että on vaan pilvi ja sieltä olevat palikat. H3

Vanhalla osaamisella haastateltava tarkoitti tässä lainauksessa rutiinityöitä, joista tulee roskaresursseja pilvipalveluiden yleistyessä. Näiden pilvipalvelutarjoajien vaikutus työelämän murrokseen on korostunut analyysiluvussa, kun haastateltava toisen perään kuvasi, kuinka tällaisten palveluiden olemassaolo mahdollistaa työntekijöiden keskittymisen entistä enemmän yhä luovempaan ja innovoivampaan työhön, kun ”rakennuspalikat” ostetaan pilvestä.

Sen lisäksi pitää ymmärtää pilvipalveluteknologioista, että mitä on saatavilla valmiiks siellä, et sun ei tarte tehdä kaikkee itse. Sit myös rakentaa niitä palveluita niin, että ne sopii ja toimii hyvin siellä pilvimailmassa. H3

Pilvipalveluiden ymmärtäminen ja tunteminen korostuikin haastateltavien vastauksissa tulevaisuuden teknisistä osaamistarpeista keskustellessa. Yksi haastateltava maalaisi tulevaisuuden skenaarioita tilanteista, jossa teknisissä työtehtävissä työskentelevät henkilöt eivät ymmärtäisi pilvipalveluiden toimintaa ja toinen puolestaan korosti syvempää ymmärrystä ”markkinapuheen” ohi huonojen ratkaisujen välttämiseksi.

Niin siis se kivijalka, just että sun pitää ymmärtää ne pilviteknologioiden fundamentit siellä pohjalla, et miten ne toimii. Esimerkiks sun pitää ymmärtää, että mitä ne pilviteknologiat, mitä se oikeesti on. H2

Haastateltavien mielestä pilvipalveluiden ymmärtäminen ja sen laajan kokonaisuuden hahmottaminen on kuitenkin ainoastaan yksi tulevaisuudessa tarvittava osatekijä, eikä se yksinään riitä, että teknisissä tehtävissä työskentelevät ihmiset pärjäisivät työelämässä. Aikaisemmat haastateltavien vastaukset saattavat kuulostaa

yksinkertaisilta, mutta todellisuudessa pilvipalveluiden hyödyntäminen vaatii tulevaisuudessa muutakin teknistä osaamista kuin pelkästään ymmärtämistä eri palveluvaihtoehtoista. Eräs haastateltavista jakoi osaamisen esimerkiksi palveluntarjoajien tuntemiseen, käyttöön, rakentamiseen ja rajapintojen kutsumiseen. Haastatteluiden perusteella pilvipalveluiden käytön lisäksi tulee ymmärtää niiden fundamentit, eli esimerkiksi miten ne toimivat ja mitä vaikutuksia eri valinnoilla saattaa olla pidemmällä aikavälillä. Pilvipalveluiden ulkoa opettelu saattaa kuulostaa helpolta, mutta niiden määrä ja monimuotoisuus tekee teknisten työntekijöiden roolin kuitenkin vaikeaksi.

Esimerkiksi Microsoftin pilvipalvelu Azure, niin se kompleksisuus on aivan valtava, että kukaan ihminen et tänä päivänä pysty hallitsemaan sitä koko palettia. H2

Pilvipalveluntarjoajien tarjonnan hahmottaminen on haastateltavien mukaan siis erittäin haastavaa. Lisäksi eräs haastateltava korosti, että pelkästään palveluvaihtoehtojen osaaminen ei riitä, vaan teknisissä rooleissa täytyy osata katsoa ”pintaa syvemmälle”. Yksi haastateltavan esille nostama asia oli pilvipalveluiden rajoitteiden ymmärtämisen tärkeys.

Jos sä selaillet netistä et mitä palveluita siellä on ja rakentelet siitä, etkä ymmärrä mitä se tarkoittaa, et se on ympäri maailmaa eri datacentereissä se pilvi ja minkälaiset kustannusrakenteet siellä on ja niin edelleen. H5

Tekniset tehtävät eivät ole haastateltavien mukaan tulevaisuudessa pelkästään pilvipalveluiden yhdistelyä, eikä tekniseksi osaamiseksi riitä ainoastaan pilvipalveluiden tunteminen ja niiden hyödyntäminen. Esimerkiksi ohjelmointiosaaminen näyttäisi olevan haastatteluiden perusteella sellainen tekninen taito, jota tulevaisuudessa edelleen tarvitaan ja kolme haastateltavaa korostivatkin tätä näkökulmaa.

Kaikki mitä mä tiedän pilviteknologioiksi, niin nää on vaan komponentteja, et se niiden käyttäminen on täysin edelleen sen ohjelmoijan varassa. Vaikka Amazonin palvelut, et sä tee niillä mitään, jos et sä itse rakenna jotakin, millä sä hyödynnät sitä. Ohjelmoijat tarttee niinkun nyt jo, niin sen ihan perus ymmärryksen siitä ohjelmointikielestä ja käyttöjärjestelmistä ja muusta. H3

Pilvipalveluiden hyödyntäminen vaatii siis haastateltavan arvion mukaan ohjelmointiosaamista, vaikka niiden

olemassaolo helpottaakin teknisiä työtehtäviä. Pilviteknologioiden hyödyntämisen lisäksi haastateltavat kuvasivat laajemminkin, kuinka ohjelmoijien teknisiä taitoja tarvitaan myös tulevaisuudessa. Nykyisentapaista ”peruskoodaamista” tarvitaan vastausten perusteella myös tulevaisuudessa.

Sellasta ei muutosta tuu, että ohjelmakoodi ajettais jotenkin dramaattisesti eri tavalla, että joku keksii jonkun ihan uuden prosessorin. Sun pitää ymmärtää kuitenkin, et miten ohjelmakoodia ajetaan ja mitä se tarkoittaa käytännössä. Sun pitää tietysti ymmärtää, että kun ohjelmakoodi, siis algoritmi tekee jotain, niin sun pitää, vaikka olis mitä tahansa tekoälyä tai muuta, niin se kone tekee just sen mitä sille käsketään. H3

Koneet eivät tämän haastatellun henkilön mukaan tule korvaamaan ihmisiä tulevaisuudessakaan ohjelmointikoodin kirjoittamisessa, ja se on edelleen tärkeä tekninen taito muun muassa pilvipalveluiden hyödyntämiseen tai tekoälyn ”käskemiseen”. Kuten yllä olevasta lainauksesta havaitaan, algoritmin ymmärtäminen ja sen kirjoittaminen on haastateltavan mukaan tulevaisuudessa edelleen tärkeä tekninen taito.

Toinen haastateltava korosti, että tulevaisuudessa yksittäisten ohjelmointikielten osaaminen ei ole tärkeä taito, vaan tärkeää on osata teoria ja ”fundamentit”. Kaikki haastateltavat arvelivatkin, että muutosvauhti on niin nopeaa, että kymmenen vuoden päästä saattaa olla ihan uudet ohjelmointikielet, eikä niiden veikkaamisen tuntunut kenestäkään mielekkäältä.

Mä ehkä en näe niinkään, että noi tulevaisuuden ongelmat on niinkään kielijuttuja. Lyhyellä tähtäimellä, 2030 on jo uudet ismit. - - Se muuttuu koko ajan enempi siihen, et kun enää ei tehdä scratchista asioita, vaan otetaan valmiita pohjia, et sun pitää ymmärtää mitä sä käytät. H5

Kivijalkaa haastateltava kuvasi juuri samalla tavalla kuin ylempänä kappaleessa on esitetty. Esimerkiksi pilvipalveluiden kohdalla tämä tarkoittaa sitä, että täytyy ymmärtää, mitä pilvipalvelut oikeasti ovat, eli mitä toiminnan taustalla tapahtuu esimerkiksi eri puolilla maailmaa olevissa datacentereissä ja mikä on niiden kustannuslogiikka.

Teoria toiminnan takana tulisi haastattelujen perusteella olla hallussa, eikä riitä, että ainoastaan pintapuolisesti ymmärtää, miten jotain tiettyä teknologiaa, kieltä tai pilvipalvelua käytetään. Haastateltavien mukaan muutosvauhti on niin nopeaa, että pilvipalveluihin ja ohjelmointikieliin tulee jatkuvasti muutoksia, eikä vanhoilla teknologioilla enää pärjää tulevaisuudessa, vaan pitää opetella uusimmat, toimivimmat ja trendikkäimmän jutut. Tämä ei haastateltavien mukaan onnistu ilman, että työntekijöiltä löytyy ”kivijalka, mihin pystyy ankkuroitumaan.”

Kivijalan pitää olla kunnossa, sun pitää ymmärtää perus fundamentit, kun uusia juttuja tulee koko ajan nii sä pysyt... sul on koko ajan joku kivijalka, mihin sä kiinnität, et sä ymmärrät, et tää tekee ton jutun, mutta taas tällasella uudella tavalla. H5

Vaikka haastateltavien vastauksista saa sellaisen kuvan, että teknologian käyttö on tulevaisuudessakin haastavaa, kaksi haastateltavaa sanoivat suoraan, että teknologian hyödyntäminen ja tekninen osaaminen helpottuu tulevaisuudessa.

Teknologioiden käyttö helpottuu, mutta fragmentoituu. Jos kattoo vaikkapa Azuren palvelutarjoomaa kolme vuotta sitten vs. tänä päivänä, niin se palveluiden variaatio on valtava. H2

Kyllä [teknologian hyödyntäminen] helpottuu. Onhan se nyt jo helpottunut valtavasti. Lähes kaikki käyttää teknologiapalveluita koska se on helpompaa ja se sama sinänsä näkyy siellä. H3

Yksi haastateltava kertoi teknologian käytön helpottuneen ”abstraktiotason” kasvun myötä.

Abstraktiotaso on tavallaan noussut, sä pystyt tekemään helpommin asioita. Sun ei tarte mennä syvälle niin lähelle sitä rautaa. H3

”Raudasta” puhuttaessa ohjelmoinnin yhteydessä tarkoitetaan fyysisiä laitteita. Abstraktiotason nouseminen

tarkoittaa siis sitä, että teknisissä rooleissa ei tarvitse enää olla niin paljoa tekemisissä fyysisten laitteiden kanssa, vaan työtehtävät voidaan suorittaa pilvipalveluiden kautta. Pilvipalveluiden yleistyminen on siis vähentänyt ”raudan” kanssa työskentelyä, joka osaltaan on helpottanut teknologian hyödyntämistä. Samankaltainen pilvipalveluiden aiheuttama ilmiö näkyy siinä, että kaikkea ei tarvitse enää rakentaa alusta asti itse, vaan valmiit ”rakennuspalikat” voi ostaa pilvipalveluntarjoajalta.

Sä pystyt olemaan silleen korkeemmalla tasolla ja sitten sä toteutat jotain ja hankit vendorilta tuotteet. -- Kerrostetaan koko ajan enemmän ja enemmän ja se abstraktiotaso kasvaa ja sä pystyt enemmän tekemään sitä loppupalvelua versus niinkun miettimään sitä teknistä puolta. H3

Palveluntarjoajilta ostetut tuotteet mahdollistavat sen, että työntekijöiden ei enää tarvitse itse rakentaa työalustoja, vaan he pääsevät heti tekemään innovatiivista ja tuottavaa työtä. Tämä niin sanottu ”osaamisen kerrostuminen” näkyi kaikkien haastateltavien vastauksissa. Osaamisen kerrostumisella on iso merkitys tulevaisuuden teknisiin työtehtäviin ja -osaamiseen, kun rutiininomaisia taitoja tarvitaan yhä vähemmän samalla, kun teknologioiden käyttö osaltaan helpottuu ja osaltaan fragmentoituu, niin että hallittavia komponentteja on enemmän.

Tänä päivänä koodataan hienoja juttuja, niin huomenna ne tulee automaattisesti. Mutta sitten kun ne tulee automaattisesti, niin liiketoiminta keksii taas uusia juttuja, mitkä on kiinnostavia, mitä ei saa vielä automaattisesti... ja taas koodataan. Joo, muuttuu koko ajan, et koko ajan enempi ja enempi saat ja pystyt ilman erillistä teknistä osaamista tekemään asioita. H5

Vaikka tekninen tekeminen vaikuttaakin haastatteluiden perusteella helpottuvan osittain, täytyy perusperiaatteiden olla kuitenkin hallussa:

Sul pitää olla vaan kyky uusiutua ja pitää olla vahva kivijalka tiekkö. Jos sä et ymmärrä niitä isoja periaatteita siellä alla, niin noi jutut mitä muuttuu siinä päällä, niin niitä on vaikea ymmärtää niiden merkitystä. H5

Kärjistetysti sanottuna tämän päivän luomuksia ei siis tarvitse rakentaa enää huomenna uudestaan, vaan ne pystytään ostamaan esimerkiksi pilvipalveluna. Teknistä osaamista tulee pystyä muokkaamaan tähän uuteen maailmankuvaan eli neljänteen teolliseen vallankumoukseen sopivaksi.

Haastatteluiden perusteella näyttää, että tulevaisuuden teknologiamuutos on osaamista suosivaa ainakin edistyksellisissä teknologiayrityksissä. Matalasti koulutetuilla työntekijöillä tulee olemaan suuri työ muokata oma osaaminen korkeaa teknologiaa, kuten tekoälyä ja automaatiota, hyödyntäväksi. Haastattelut kuitenkin osoittavat, että digitalisaatio ja automaatio eivät tule todennäköisesti pienentämään kokonaistyövoiman kysyntää teknisiin ammatteihin, vaan ainoastaan muokkaamaan sitä radikaalisti. Samalla kun matalan osaamisen työtehtävät automatisoidaan, tarvitaan haastateltavien mukaan enemmän korkean osaamisen tekijöitä, jotka osaavat hyödyntää ja ymmärtävät uusimpia teknologioita. Koneet ovat perinteisesti täydentäneet ihmisten tekemään työtä, mutta asetelma näyttää kääntyneen pääläelleen. Uusien teknologioiden omaksuminen työntekijöiden keskuudessa näyttää sekä haastatteluiden että esimerkiksi Autorin (2013) tutkimuksen perusteella edistyvän sitä mukaan, kun työtehtävissä työntekijät täydentävät koneiden tekemää työtä uusissa yhä monimutkaisemmissa työtehtävissä. Esimerkiksi sellaiset tehtävät vaikuttavat haastatteluiden perusteella olevan tulevaisuudessa tärkeitä, missä ihminen valvoo koneen tekemää työtä.

Tutkimuksien (mm. Arntz ym. 2016; Frey & Osborne 2013) mukaan tulevaisuudessa tarvitaan korkeatasoista osaamista, sillä työtehtävät tulevat olemaan yhä haastavampia ja monimutkaisia. Muutoksessa häviäjiä ovat näiden tutkimusten perusteella matalasti koulutettu osaamaton työvoima. Haastatteluissa nousee esiin kuitenkin ristiriita, sillä kolmen haastateltavan näkemyksen mukaan teknologian käyttö helpottuu tulevaisuudessa. Samalla kaikki haastateltavat kuitenkin korostivat aikaisempien tutkimusten mukaisesti, että tehtävät muuttuvat yhä kompleksisemmiksi ja pirstaloituneiksi. Sekä haastateltavien että esimerkiksi Arntzn ym. (2016) mukaan tulevaisuudessa esiintyvät uudenlaiset osaamistarpeet liittyvät uusien teknologioiden hyödyntämiseen. Tutkimuksen aineiston perusteella osaaminen tulee liittymään varsinkin tekoälyn ja pilvipalveluiden hyödyntämiseen, vaikka yksittäisiä tulevaisuudessa tarvittavia taitoja ei pystykään ennustamaan.

Jos nyt opettelee jonkun yksittäisen teknisen taidon, niin se on vanhentunu 2030 ja varmasti aiemminkin. H2

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitä kriittistä teknistä osaamista teknologiayritykset tarvitsevat eniten tulevaisuudessa. Aihetta tarkasteltiin erityisesti digitalisaation ja automaation näkökulmasta. Tutkimusongelmaa lähestyttiin seuraavien tarkentavien kysymysten avulla:

Minkälaiset tehtävät ovat tulevaisuudessa automatisoitavissa kokonaan?

Minkälaisia teknisiä työtehtäviä teknologiayrityksissä tehdään tulevaisuudessa?

Tutkimuksessa tulevaisuuden osaamistarpeita tarkasteltiin strategisen johtamisen näkökulmasta resurssiperusteisen teorian eli resource-based theoryn (RBT) avulla, ja erityishuomio kiinnitettiin kriittisiin VRIN-resurssihin. VRIN-resurssit ovat tässä tutkimuksessa sellaista teknistä osaamista, joka on arvokasta, harvinaista, vaikeasti kopioitavissa ja ei-korvattavissa. Tutkimuksen teoreettisena viitekehyksenä käytettiin Future Signals Sense-making Frameworkia eli FSSF-arviointikehikkoa. Aiheesta tehdyt aikaisemmat tutkimukset, etenkin Freyn & Osbornen (2013) *The Future of Employment*, tarjosivat hyvän raamin viitekehyksenä käytetyn taulukon täyttämiseen. Teoreettinen viitekehys toimi pohjana tutkimuksen empiirisen osan suunnittelulle sekä teemahaastattelurungolle. Tutkimuksessa haastateltiin viittä Deloitteen Fast50 -listalla olevan yrityksen johtotason henkilöä. Teoreettista viitekehystä käytettiin ohjaamaan haastatteluita haluttuun suuntaan.

Tämän tutkimuksen perusteella digitalisaatio ja automaatio eivät tule lähitulevaisuudessa vähentämään ihmisten tarvetta teknisissä työtehtävissä, vaikka ne tulevatkin muokkaamaan tehtäväkuvia radikaalisti. Ihmillisellä osaamisella on kysyntää edelleen tulevaisuudessa ja ihmisille syntyy uudenlaisia tehtäviä sitä mukaan, kun koneet alkavat tekemään joitain ihmisen tekemiä työtehtäviä. Yksittäiset työtehtävät ovat kuitenkin automatisoitavissa, kun esimerkiksi tekoäly, robotiikka tai pilvipalvelut saavat suhteellisen edun niissä ihmistyöhön verrattuna. Autorin ym. (2003) rutinoitumisteoria pitää siis tulosten perusteella paikkansa tämän osalta myös tulevaisuudessa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että ne korvaavat kokonaan ihmisen tekemän työn, sillä ihmisten työtehtävät ovat yleensä heterogeenisia ja tarpeen mukaan muokkautuvat. Frey & Osborne (2013) näyttävätkin olleen väärässä siinä, että kokonaisia ammatteja automatisoidaan, sillä ainoastaan yksittäiset tehtävät ovat kokonaan automatisoitavissa. Freyn & Osbornen (2013) arviot siitä, että lähes puolet työtehtävistä olisi automatisoitavissa tulevaisuudessa näyttävät ylimitoitetulta työntekijöiden tehtävien ollessa heterogeenisia ja adaptoituvia.

Ihmisten työpanosta tarvitaan siis teknisissä tehtävissä jatkossakin, mutta erilaisessa roolissa kuin tänä päivänä. Tulevaisuuden työelämässä teknisten asiantuntijoiden roolit tulevat muokkaantumaan nykyiseen verrattuna radikaalisti, samalla kun joitain työtehtäviä ihmisten ei ole enää kannattavaa tehdä itse. Tällaisia työtehtäviä ovat esimerkiksi sellaiset tehtävät, missä ei luoda mitään uutta. Ihmisten työnteko siirtyy tuottavampaan työhön, jossa ratkaistaan sellaisia asioita, jota ei ole aiemmin ratkottu. Suuressa kuvassa tekniset tehtävät siirtyvät liiketoimintaa lähemmäksi, kun esimerkiksi rutiinitehtävät vähenevät ja työntekijät saavat keskittyä uuden keksimiseen ja luomiseen. Tämä muutos ja siirtyminen tehtävien osalta liiketoimintaa lähemmäksi näkyy työelämän muuttuvina vaatimuksina myös teknisten työntekijöiden rooleissa.

Tulevaisuudessa ihmiset keskittyvät työssään uuden luomiseen, kun taas robotit hoitavat jo kerran keksittyjen asioiden toistamisen. Samalla kun työntekijät voivat keskittyä entistä enemmän kehittämään uutta, he palvelevat paremmin loppuasiakasta. Loppuasiakkaiden palveleminen tarkoittaa esimerkiksi heidän tarpeidensa ja ongelmien ymmärtämistä sekä niiden ratkaisemista. Ihmiset voivat käyttää entistä enemmän aikaa ongelmien ratkaisuksi ja tarpeiden täyttämiseksi, kun aikaa ei enää käytetä enää manuaaliseen työhön. Tällaisen työn tuottavuus on suurempaa, kun koneet ja robotit hoitavat pienempää lisäarvoa tuottavat tehtävät, joissa ei luoda jotain uutta. Työntekijät pystyvät näin ollen keskittymään korkeatuottoisten ongelmien tai tarpeiden ratkaisuun, jotka vaativat käytännössä aina uuden luomista jossain muodossa. Tulevaisuudessa ihmiset keskittyvätkin teknisissä rooleissa kehittämään innovaatioita innovaatioiden perään. Luovaan ja innovatiiviseen työskentelyyn keskittyminen tarkoittaa ihmisten tekemien teknisten työtehtävien tehostumista, eli samalla panoksella saadaan entistä isompi tuottavuus jatkossa.

Tämän tutkimukset tulokset tukevat mm. Brynjolfssonin & McAfeen (2014) arviota siitä, että digitaalisten teknologioiden eksponentiaalinen kehitys jatkuu tulevaisuudessakin, mikä vaikeuttaa osaltaan tutkimusongelman ratkaisua. Uusien digitaalisten teknologioiden syntyessä ihmisten panosta tarvitaan näiden teknologioiden hyödyntämiseen. Etenkin digitaalisia teknologiota, informaatiota ja automaatiota ymmärtävän ja osaavan työvoiman kysyntä tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Samankaltaiset ja rutiininomaiset työtehtävät ovat automatisoitavissa, joten teknisten työntekijöiden roolien sisällä työtehtävät muuttuvat entistä heterogeenisemmiksi ja moniosaaminen korostuu. Aikaisemmin saattoi olla tehtäviä, jossa keskityttiin ainoastaan yhteen kapeaan osa-alueeseen, mutta tulevaisuudessa tällaisia rooleja ei enää tule olemaan, vaan nykyisiä tehtävien laajennetaan uusien teknologioiden käyttöönoton myötä. Tähän muutokseen vastaaminen tulee vaatimaan esimerkiksi eri teknologioiden fundamenttien ja periaatteiden ymmärtämistä, sillä muutosnopeus tulee olemaan nopeaa ja eri teknologioiden sovellukset muuttuvat jatkuvasti.

Ei yksittäisiä teknisiä taitoja – vaan ihmistyyppejä

Muutosnopeuden takia yksittäisiä tulevaisuudessa tarvittavia teknisiä taitoja on vaikea arvioida, eikä se ole mielekästä. Sen sijaan yritykset etsivät tietynlaisia ihmistyyppejä. Tällaiset ihmiset ovat *sopeutumiskykyisiä, heterogeenisia VRIN-taitoja omaavia henkilöitä, jotka ovat kykeneväisiä hyödyntämään digitaalisia teknologioita*. Ihmisten tulisi pystyä muokkaamaan omia roolejaan ja osaamista neljanteen teolliseen vallankumoukseen sopivaksi, eli sellaiseksi, että heillä säilyy kilpailuetu työtehtävissä robotteihin verrattuna. Esimerkiksi uuden luominen ja innovatiivisuus ovat sellaisia asioita, joita robotit eivät pysty työelämässä korvaamaan ja luomiseen sekä innovointiin tarvittavia VRIN-ominaisuuksia tarvitaan teknisiltä työntekijöiltä tulevaisuudessa entistä enemmän.

Tulevaisuudessa pärjäävät sellaiset työntekijät, jotka viihtyvät muutostilassa ja muovaantuvat kehityksen mukana niin, että he oppivat hyödyntämään uusimpia teknologioita ja ovat valmiita muokkaamaan omaa toimintaa. Tämä tulos on yhteneväinen muun muassa Arntzn ym. (2016) tutkimustulosten kanssa. Teknisten työntekijöiden tulee siis sopeutua muutostilanteeseen, jotta heidän työtehtäviään ei täysin automatisoida. Muutostilanteeseen adaptoituminen tarkoittaa esimerkiksi laaja-alaisten ja heterogeenisten työtehtävien hallintaa. Teknologian käytön helpottuminen mahdollistaa tämän muutoksen.

Roolien sirpaloituminen eli niiden sisällön muuttuminen heterogeenisemmaksi tulevaisuudessa tukee mm. Arntz ym. (2016), Autor & Handel 2013 ja Autor (2014; 2015) tutkimuksia. Tällaista muutosta voidaan kutsua osaamisen kerrostumiseksi. Nykyisten tehtäväkuvien laajentuminen synnyttää uudenlaisia ”hybridirooleja” ja ”moniosaamista”, joissa ihmisillä on entistä laajempi uutta teknologiaa hyödyntävä rooli. Tällaiset roolit tulevat vaatimaan laajempaa kokonaisuuksien hahmottamista sekä osittain lomittaista toimintaa perinteisten roolien välillä. Myös Cedefop (2009) ennusti tämän suuntaista kehityskulkua kohti hybridirooleja. Tällaisissa rooleissa työntekijät ottavat vastuun isommasta kokonaisuudesta kuin pelkästään pienestä yksittäisestä työtehtävästä. Tehtävät tulevat olemaan monimutkaisia ja moninaisia, jatkuvasti muovaantuvia ja epäsäännönmukaisia. Heterogeeniset ja jatkuvasti muuttuvat tehtäväkuvat luovat tulevaisuudessa entistä monipuolisempia teknisiä osaajia, joiden vastuu on laajempi. Rooleissa tapahtuva muutos on mahdollinen, sillä teknologian hyödyntäminen käy jatkuvasti helpommaksi, kun käyttöliittymät paranevat ja manuaalisen työn tarve vähenee.

VRIN-resurssit

Heterogeenisten teknisten hybridiroolien sisällä tarvitaan vaikeasti automatisoitavia VRIN-resursseja, eli sellaisia taitoja, jotka ovat *arvokkaita, harvinaisia, vaikeasti imitoitavissa ja ei-korvattavissa*. Nämä ovat sellaisia

taitoja, joita Freyn & Osbornen (2013) tutkimuksessa kutsuttiin automaation pullonkauloiksi. Tällaisia tulevaisuudessa tarvittavia VRIN-resursseja ovat taidot *havainnointi- ja käsittelykyvyssä, luovassa älykkyydessä sekä sosiaalisessa älykkyydessä*.

Robotics-Vo (2013) ennusti, että havainnointi- ja käsittelykykyä vaativien tehtävien automatisoinnin pullonkaulat voidaan ylittää seuraavien vuosikymmenten aikana. Tämän tutkimuksen tulokset ovat kuitenkin osittain ristiriitaisia Robotics-Von (2013) arvioiden kanssa. Osittain havainnointi- ja käsittelykykyä vaativat tehtävät näyttävät olevan automatisoitavissa tulevaisuudessa, mutta niitä tarvitaan jatkossakin esimerkiksi virhetilanteiden tunnistamiseksi, eikä poikkeustilanteiden tunnistaminen ole automatisoitavissa lähitulevaisuudessa. Havainnointi- ja käsittelykyvyn merkitys korostuu tulevaisuudessa myös esimerkiksi edelleen ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa, samoin kuin luova- ja sosiaalinen älykkyys. Havainnointi- ja käsittelykykyä tarvitsee muun muassa ympäröivän maailman, elävän elämän, ymmärtämiseksi. Tällainen havainnointi ja havaintojen käsittelykyky on erittäin tärkeää, jotta pysytään toimimaan luovalla ja sosiaalisesti älykkäällä tavalla. Tämän merkitys näyttää jopa korostuvan tulevaisuudessa, kun ihmisten työtehtävät siirtyvät tulevaisuudessa lähemmäksi liiketoimintaa samalla kuin yksinkertaisia työtehtäviä automatisoidaan.

Bodenin (2003) ja Frey & Osborne (2013) vaikuttavat tämän tutkimuksen perusteella olleen oikeassa, että luova älykkyys tulee olemaan ihmisten valttikortti työelämässä myös tulevaisuudessa. Sen merkitys näyttää jopa korostuvan, kun innovatiivisuudelle ja uuden kehittämiselle jää enemmän aikaa. Uuden luominen ja innovatiivisuus vaatii luovaa älykkyyttä, joka on nimenomaan inhimillinen ominaisuus, jota on hankala automatisoida. Esimerkiksi tuttujen asioiden yhdistäminen joksikin täysin uudeksi asiaksi tai kokonaan uuden innovaation rakentaminen ei onnistu tulevaisuudessakaan tekoälyltä ilman ihmisen luovaa ajattelukykyä. Tietokoneille on vaikea tai mahdoton opettaa luovia prosesseja, koska ihmisten psykologisia prosesseja on vaikea määritellä ja jäljitellä. Luova ajatuksenkulku ei ole aina ihmiselle itsellekään selvää, joten sen laittaminen algoritmiksi on haastavaa. Luovaa ihmisille ominaista älykkyyttä, jota tulevaisuudessa teknisissä työtehtävissä tarvitaan, on esimerkiksi ongelmien ratkaisu tai nokkelien ja luovien ideoiden tuottaminen.

Näyttää myös siltä, että vaikka tutkijat ja tuotekehittäjät ovat tehneet paljon töitä sosiaalista älykkyyttä vaativien työtehtävien automatisoimiseksi esimerkiksi tunteisiin liittyvässä tietojenkäsittelyssä (Affective Computing) (Scherer tm. 2010; Picard 2010) ja sosiaalisissa roboteissa (Broekens ym. 2009), sosiaalista älykkyyttä vaativat tekniset työtehtävät eivät ole automatisoitavissa lähitulevaisuudessa. Tämän tutkimuksen tulokset ovat siis yhtenevät esimerkiksi Freyn & Osbornen (2013) sekä Sandbergin & Bostromin (2008) havaintojen kanssa. Itse asiassa myös sosiaalisen älykkyyden merkitys työelämässä tulee korostumaan tulevaisuudessa entisestään. Tulevaisuudessa teknisissä rooleissa työskenteleviltä ihmisiltä vaaditaan siis entistä enemmän ymmärrystä maailmasta sekä siitä, mihin maailma on menossa, sillä innovatiivisuus ja luovuus vaatii tällaista

osaamista ja ymmärrystä. Tämä taito tulee korostumaan, kun robotit tekevät monia ihmisten aikaisempia työtehtäviä ja ihmisten työskentely siirtyy innovatiivisempaan suuntaan. Maailman menon ymmärtäminen vaatii ihmisten välistä dialogia, joka tulee tulevaisuudessa entistä tärkeämmäksi työntekijöiden ominaisuudeksi, koska robotit eivät tule ainakaan tämän tutkimuksen perusteella korvaamaan inhimillistä kanssakäymistä. Liiketoimintaa lähemmäksi siirtyminen tarkoittaa yhä enenevässä määrin ihmisten välistä dialogia ja elävän elämän ongelmien ratkaisua, jolloin nämä taidot korostuvat. Reaalimaailman ongelmat tulevat esimerkiksi asiakkaiden kanssa käydystä dialogeista. Työnteon siirtyessä liiketoimintaa ja asiakasrajapintaa lähemmäksi, ihmisten välisissä dialogeissa sosiaalinen älykkyys korostuu, kun teknisetkin tehtävät ovat entistä enemmän keskustelua, neuvottelua, kysymistä, argumentointia ja johdattelua. Ihmisiltä tullaan vaatimaan esimerkiksi entistä parempaa sosiaalista havainnointikykyä, neuvottelutaitoja ja suostuttelua.

Lisäksi neljäs teollinen vallankumous tarkoittaa teknologiayrityksissä, että työntekijöiden tulee opetella hyödyntämään uusia digitaalisia teknologioita. Varsinkin pilvipalveluiden hyödyntämien tulee olemaan iso osa teknisten ammattilaisten tehtäväkuva ja niiden ymmärtäminen ja osaaminen tulee olemaan tärkeää. Ensinnäkin, teknisten työntekijöiden tulee hahmottaa pilvipalveluiden tarjonta sekä niiden mahdollisuudet. Ei riitä, että ”markkinapuhe” on hallussa, vaan täytyy pystyä ymmärtämään, mitä siellä taustalla on, eli esimerkiksi mitä rajoitteita ja kustannuksia kullakin vaihtoehdolla on, ja miten ratkaisut tulevat käytännössä toimimaan. Lisäksi pilvipalveluita tulee osata käyttää, eli pilvestä ostettuja palveluita tulee osata yhdistellä ja hyödyntää liiketoiminnassa.

Toinen korostetun tärkeä teknologiaosaaminen tulevaisuudessa tulee liittymään tekoälyyn. Sen hyödyntäminen vaatii muun muassa algoritmisia ja matemaattisia taitoja sekä laajaa tietotaitoa siitä, mihin kaikkeen tekoäly kykenee. Muidenkin digitaalisten teknologioiden osaaminen korostuu tulevaisuudessa ja uusien teknologiamahdollisuuksien aktiivinen tutkiminen ja kiinnostus niitä kohtaa on korostetun tärkeää, jotta pysyy kehityksessä mukana. Jatkuva muutostila johtaa siihen, että pelkkä pintapuolinen yhden tai muutaman yksikätisen teknologisen sovelluksen pinnallinen opettelu ei riitä, sillä tämän päivän tärkeä taito saattaa olla huomenna vanhentunutta. Uusien teknologioiden opettelussa tärkeintä on opetella teoria ja fundamentit siitä, miten teknologiat oikeasti toimivat ja mitkä niiden rajoitteet ovat. Ei siis riitä, että osaa ainoastaan käyttää jotain tiettyä teknologista sovellusta, vaan toimintaperiaatteet ja lainalaisuudet tulee olla myös hallussa. Tällä tavalla varmistetaan, että uusien teknologiasovellusten opetteleminen ja hyödyntäminen sujuu hyvin sitä mukaan, kun uudet sovellukset korvaavat vanhat.

Keynes väitti tutkimuksessaan jo vuonna 1933, että teknologian kehittymisestä johtuva työttömyys johtuu itseasiassa työntekijöiden kyvyttömyydestä pysyä kehityksen vauhdissa. Bryönjolfsson & McAfee (2014) jatkavat Keynesin ajatusta ja toteavat, että työtilanne on yksinkertaisesti kysynnän ja tarjonnan seurausta. He

tarkoittivat tällä toteamuksella, että mikäli työntekijöiden taidot vastaavat nykyteknologioita, heillä tulisi teorian mukaan olla töitä. Rutiininomaisten taitojen tarjontaa vähentämällä ja lisäämällä vaikeasti opittavien taitojen tarjontaa kohtaanto-ongelma on ratkaistavissa. Tämän perusteella työntekijöiden olisi tärkeä opetella VRIN-taitoja, jotka ovat vaikeasti automatisoitavissa, eli esimerkiksi luovuttaa, monimutkaista kommunikaatiota tai ihmisten väliseen kanssakäymiseen vaadittavia taitoja.

VRIN-resurssien lisäksi tutkimuksessa tunnistettiin roskaresursseja, joita ovat Warnerin ym. (2013) mukaan esimerkiksi osaamattomat työntekijät. Roskaresursseja tulevat olemaan työntekijät, jotka eivät pysty uusiutumaan ja jämähtävät yksinkertaisiin kapea-alaisiin rutiinitöihin. Tällaiset työntekijät työskentelevät homogeenisissa, kapea-alaisissa työtehtävissä, eivät kykene hyödyntämään uusia digitaalisia teknologioita, eivätkä ole luovia tai sosiaalisesti älykkäitä.

Osaamista suosiva teknologiamuutoksen hypoteesi tukee tämän tutkimuksen havaintoja siitä, että digitalisaatio ja automaatio tulee korvaamaan erityisesti matalan osaamisen roskaresursseja ja suosimaan korkean osaamisen moniosaavia ja muutoshaluisia luovia ja sosiaalisesti älykkäitä VRIN-resursseja omaavia henkilöitä, jotka kykenevät hyödyntämään digitaalisia teknologioita. Tällainen osaaminen vaatii jatkuvaa kouluttautumista. Resurssiperusteisen teorian mukaan yritykset, jotka pystyvät hankkimaan tällaisia resursseja, tulevat saamaan kilpailuetua tulevaisuudessa.

Käytännön suositukset

Cedefopin (2009) suositusten mukaisesti tämä tutkimus tarjoaa yrityksille laadullista näkemystä tulevaisuuden teknisistä osaamistarpeista. Tämän tutkimuksen tulokset koskevat suoraan nopeimmin kasvavia teknologiayrityksiä, mutta Zukersteinovan (2007) mukaan tämän tyyppisiä yrityksiä tutkimalla, tulokset ovat mahdollisesti laajennettavissa koskemaan myös muita yrityksiä. Yritykset voivat käyttää tuloksia strategisen johtamisen apuna, kun yrityksessä mietitään tulevaisuuden henkilöstöresursseja. Tämän tutkimuksen perusteella näyttää selkeästi siltä, että yrityksien ei kannata haalia ainakaan avainhenkilöiksi ihmisiä, jotka ovat erityisen lahjakkaita ainoastaan jollain kapealla teknisellä osa-alueella, vaan keskittyä rekrytoimaan sopivia ihmistyyppejä.

Rajoitukset tutkimuksessa

Tutkimuksen validiteettia pystyy tarkastelemaan tulosten ja niiden rakentamisen vakuuttavuuden ja uskottavuuden perusteella. Tutkimusaineisto kerättiin alan kiistattomilta asiantuntijoilta, joten myös tulosten ja niiden rakentamiseen käytetty analyysi on uskottavaa. Myös tutkimuksen teoria on vankalla pohjalla, sillä se

rakennettiin laajasti viitattujen tutkimusten pohjalta. Tutkimus mittaa siis uskottavasti sitä, mitä sillä haluttiin mitattavan. Reliabiliteettia pienentää kuitenkin tutkimuksen pieni otoskoko ja laadullinen lähestymistapa, ja rajallinen aineisto ei mahdollista tutkimustulosten yleistettävyyttä.

Edellä mainittujen lisäksi tutkimuksessa on myös muita tekijöitä, jotka saattavat vaikuttaa tutkimuksen luotettavuuteen, jotka liittyvät tulevaisuustutkimukseen. Kun ihmiset käyttävät enemmän aikaansa entistä luovempaan työhön tehokkaammilla teknologioilla, tulee innovaatioiden ja tekniikan kehitys kiihtymään todennäköisesti entisestään ja tämä vaikeuttaa aiheen tutkimista. Toisaalta myös mahdollisia muuttujia on paljon, jotka saattavat puolestaan hidastaa kehityskulkua. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi pelot ja luottamuksen puute uusia teknologioita kohtaan. Näiden tekijöiden arvioinnin haastavuus lisää tutkimuksen epävarmuutta. Lisäksi viitekehyksenä käytetyn FSSF-arviointimatriisin käyttäminen uskottavasti oli haastavaa. Etenkin heikkojen signaalien tunnistaminen osoittautui vaikeaksi pro gradu -tutkijalle.

Jatkotutkimussuositus

Tutkimustuloksista selviää, että yksittäisiä tulevaisuuden teknisiä taitoja on vaikea tai jopa mahdoton ennustaa. Tulevaisuudessa teknologiayritysten osaamistarpeet liittyvät uusiin ja nouseviin neljännen vallankumouksen digitaalisiin teknologioihin, joten jatkotutkimukseksi suositellaan osaamistarpeiden tutkimista teknologiatrendien näkökulmasta, esimerkiksi Gartnerin-käyrää hyödyntäen.

Lähdeluettelo

- Acemoglu, D. 1998. Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality Author(s): Daron Acemoglu Source: The Quarterly Journal of Economics, Vol. 113, No. 4.
- Acemoglu D. & Autor D. 2011. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. NBER Working Paper No. 16082. Issued in June 2010 NBER Program(s):Labor Studies
- Atkinson, R. D., & McKay, A. S. 2007. Digital prosperity: understanding the economic benefits of the information technology revolution. Information Technology and Innovation Foundation.
- Alasuutari, P. 1994. Laadullinen tutkimus. Tampere: vastapaino.
- Armstrong, S. & Sotala, K. 2015. How we're predicting AI—or failing to. In Beyond Artificial Intelligence (pp. 11-29). Springer International Publishing.
- Arntz, M., Gregory, T., Zierahn, U., 2016. The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis. Tech. Rep. 189, OECD Social, Employment and Migration Working Papers.
- Autor, D. & Handel M. 2013. Putting Tasks to the Test: Human Capital, Job Tasks, and Wages. Journal of Labor Economics.
- Autor, D., Katz, F. & Kearney, M. 2006. The polarization of the US labor market. American Economic Review.
- Autor, D., Katz, F. & and Kearney, M. 2008. Trends in the U.S Wage Inequality: Revising the Revisionists. Review of Economics and Statistics.
- Autor, D. & Dorn, D. 2013. The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. The American Economic Review.

- Autor, D., Levy, F. and Murnane, R.J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*.
- Bahrin, M., Othman, F., Azli, N. & Talib, M. 2016. Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic.
- Baker & qMcKenzie. 2017. Global Employer Forum: Future Works.
- Balcar, J. 2011. Future Skills Needs in EU and Skilss Transrerability in 2020: Sector Meta Analysis. VSB-TU Ostrava: Univesity of Ostrava.
- Barney, J. 1991. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. Texas A&M Insititute.
- Barney, J. & Felin, T. 2013. What are microfoundations? *Academy Of Management Perspectives*, 27(2), 138–155.
- Bahrin, M., Othman, F., Azli, N. & Talib, M. 2016. Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic.
- Bakhshi, H., Downing J., Osborne, M. & Schneider P. 2017. The Future of Skills: Employment in 2030. Oxford Martin School.
- Beaudry, P., Green, D. A., & Sand, B. M. 2013. The great reversal in the demand for skill and cognitive tasks (No. w18901). National Bureau of Economic Research.
- Becker, P. 2002. Corporate foresight in Europe: A first overview. Euroopan Unionin komission julkaisu. Viitattu 23.11.2018. <http://www.foresight-platform.eu/wp-content/uploads/2011/04/EFMN-Brief-No.-82-Corporate-Foresight-in-Europe.pdf>.
- Bersnahan T., Brynjolfsson E. & Hitt L. 2002. Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence. *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 117.
- Bresnahan, T. F. (2010). General purpose technologies. *Handbook of the Economics of Innovation*, 2, 761-791.
- Boden, M. 2003. The Creative Mind: Myths and Mechanisms.
- Bowles, J. 2014. The Computerization of European Jobs, Bruegel, Brussels.

- Broekens, J., Heerink, M. & Rosendal, H. 2009. Assistive social robots in elderly care: a review. *Gerontechnology*, 8 (2), 94–103.
- Brynjolfsson, E. & Hitt, L. M. 1998. Beyond the productivity paradox. *Communications of the ACM*, 41(8), 49-55.
- Brynjolfsson, E. and McAfee, A. (2011). *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*. Digital Frontier Press Lexington, ma.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. 2014. *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York, NY: WW Norton and Company.
- Butter, M., Fischer, N., Gijsbers, G., Hartmann, C., Heide, M., & van der Zee, F. 2014. *Horizon 2020: Key Enabling Technologies (KETs), Booster for European Leadership in the Manufacturing Sector*.
- Campbell-Kelly, M. 2009. Origin of computing. *Scientific American Magazine*, vol. 301, no. 3, pp. 62–69.
- Cedefop 2016. *Digitalisation & the 4th Industrial Revolution Changing jobs, work and skills*. Department for Skills and Labour Market.
- Collin, J & Saarelainen, A. 2016. *Teollinen internet*, Liettua, Talentum Media Oy.
- Cowen, T. (2011). *The great stagnation*. New York: Dutton.
- Deloitte. 2015. *From brawn to brains - The impact of technology on jobs in the UK*. David Sproul, Angus Knowles-Cutler, Harvey Lewis, Deloitte LLP.
- Euroopan Komissio. 2015. *Does the EU need more STEM graduates? Final Report*. Directorate-General for Education and Culture.
- Erns & Young. 2014. *Big Data – Changing the businesses compete and operate, Insights on governance, risk and compliance*.

Eskola, J. & Suoranta, J. 2000. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino.

Frey, C. & Osborne, A. 2013. THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERIZATION? Department of Engineering Science, University of Oxford, Oxford.

Gartner. 2016. Gartner's 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage.

Gartner 2016a. Saatavilla: <http://www.gartner.com/it-glossary/digitalization/> (Viitattu 23.2.2019)

Gartner. 2018. Saatavilla: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/> (viitattu 23.2.2019)

Galor, O., & D. Tsiddon 1997. Technology, Mobility, and Growth. *American Economic Review*, 87.

Goldin, C., & Katz, F. 2008. The race between education and technology. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Goos, M., Manning, A. & Salomons, A. (2009). Job polarization in europe. *The American Economic Review*, vol. 99, no. 2, pp. 58–63.

Gordon, R. 2000. Does the 'New Economy' Measure up to the Great Inventions of the Past? *The Journal of Economic Perspectives*.

Greenwood, J., & Yorukoglu, M. 1997. In *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* (Vol. 46, pp. 49-95). Amsterdam, Holland: North-Holland

Guizzo, E. 2008. Three engineers, hundreds of robots, one warehouse. *IEEE spectrum*, 7(45), 26-34.

Hamermesh, D. S. (1985). Substitution between different categories of labor, relative wages and youth unemployment. OECD.

Hassler, J., & J. Rodriguez Mora 2000. Intelligence, Social Mobility, and Growth. *American Economic Review*, 90.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntä: Helsinki. Yliopistopaino.

Hirsjärvi, S., Remes, P & Sajavaara, P. 2009: Tutki ja kirjoita.

Hiltunen, E. 2012. Matkaopas tulevaisuuteen. Helsinki: Talentum.

IFR. 2012. World robotics 2012. Tech. Rep., International Federation of Robotics

Ilmarinen, V. & Koskela, K. 2015. Digitalisaatio: yritysjohton käsikirja. Talentum. Helsinki.

Kahneman D., Slovic P. & Tversky, A. 1982. *Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge University Press.

Kamppinen, M., Malaska, P. & Kuusi, O. 2002. Tulevaisuudentutkimuksen peruskäsitteet. Teoksessa *Tulevaisuudentutkimus*. Toim. M. Kamppinen, O. Kuusi ja S. Söderlund. Helsinki: Suomalaisen kirjallisuuden seura, 19 - 53.

Katz L. & Autor D. 1999. Changes in the Wage Structure and Earnings Inequality. In: Ashenfelter O, Card D *Handbook of Labor Economics*, vol. 3A.

Katz, L., & Murphy, M. 1992. Changes in Relative Wages, 1963-1987: Supply and Demand Factors. *Quarterly Journal of Economics* 107.

Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. 2013. Recommendations For Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. Ulrike Findeklee: Acatech –National Academy of Science and Engineering.

Kokkonen, V. 2018. LAPIN DIGITALISAATIO LAPIN DIGISTEP -HANKKEEN ALKUKARTOITUS.

Koskinen, I., Alasuutari, P., Peltonen, T. 2005. *Laadulliset menetelmät kauppatieteissä*. Vastapaino. Tampere.

- Kuosa, T. 2010. Futures signals sense-making framework (FSSF): A start-up tool to analyse and categorise weak signals, wild cards, drivers, trends and other types of information. Finland Futures Research Centre, Turku School of Economics.
- Kuusi, O. & Kamppinen, M. 2002. Tulevaisuuden tekeminen. Teoksessa Tulevaisuudentutkimus. Toim. M. Kamppinen, O. Kuusi ja S. Söderlund. Helsinki: Suomalaisen kirjallisuuden seura.
- Kurzweil, R. 2005. The singularity is near: When humans transcend biology. New York, NY: Penguin.
- Lacity, C. & Willcocks, P. 2016 A new approach to automating services. MIT Sloan Management Review, Fall.
- Lacity, M., Willcocks, L. & Craig, A. 2017. Service Automation: Cognitive Virtual Agents at SEB Bank.
- Levy, F. & Murnane, J. R. 2004. The New Division of Labor: How Computers are Creating the Next Job Market. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Li, X. 2010. Discussion of How to Promote the Development of Chinese IOT Industry”, China Investment Technology, vol.294.
- Makadok, R. 2001. Toward a synthesis of the resource-based and dynamic-capability views of rent creation. Strategic Management Journal, 22(5).
- Mannermaa, M. 1999. Toolbox and weak signals. Futura 2. 32-37.
- Mazhelis, O., Warma, H., Leminen, S., Ahokangas, P., Pussinen, P., Rajahonka, M., Siuruainen, R., Okkonen, H., Shveykovskiy, A. & Myllykoski, J. 2013. Internet-of-Things Market, Value Networks, and Business Models: State of the Art Report.
- McKinsey. 2017. JOBS LOST, JOBS GAINED: WORKFORCE TRANSITIONS IN A TIME OF AUTOMATION. McKinsey & Company 2017
- MGI (2013). Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. Tech. Rep., McKinsey Global Institute. Saatavilla http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_technologies. (Luettu: 15.2.2019)

Mokyr, J., C. Vickers and N. L. Ziebarth. 2015. The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different? *The Journal of Economic Perspectives*.

Murray, J. 2015. *Beyond Cloud - Implications for the Industrialization of IT and the 3rd era of Computing*. s.l., University of Berkeley.

Nelson, Richard, & Edmund Phelps. 1966. Investment in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth. *American Economic Review*.

Newbert, S. 2007. Empirical Research on the Resource-Based View of the Firm: An Assessment and Suggestions for Future Research. Article in *Strategic Management Journal* 28(2) 121 – 146.

Nordhaus, W. 2007. Two Centuries of Productivity Growth in Computing. Article in *The Journal of Economic History* 67(01): 128-159.

OECD. 2011. *Divided We Stand: Why Inequality Keeps Rising*, OECD Publishing.

OECD. 2014. *Technology and the Evolution of Skill Demand: Theory and Evidence*.

OECD. 2016. *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, OECD Publishing.

Pajarinen, M. & Rouvinen, P. 2015. Computerization Threatens One Third of Finnish Employment. ETLA Brief No 22.

Parviainen, P., Federley, M., Grenman, K. & Seisto, A. 2017. Osaaminen ja työllisyys digimurroksessa. Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 24/2017.

Paukku, T. 2016. Algoritmi tuntee tapasi. *Helsingin Sanomat*, 66, s. B8–B9.

Peterf, M.A. & Batney, J.B. 2003. Unraveling the Resource-Based View. *Strategic Management Journal* 14: 179-191.

Phua, C., Smith, K. & Gayler, R. 2010. A Comprehensive Survey of Data Mining-based Fraud Detection Research.

Picard, R. W. 2010. Affective computing: from laughter to IEEE. *Affective Computing*, IEEE Transactions on, 1(1), 11-17.

Pfeiffer, S. & Suphan, A. 2015. Das Corporate Design der Universität Hohenheim The Labouring Capacity Index: Living Labouring Capacity and Experience as Resources on the Road to Industry 4.0 University of Hohenheim, Chair for Sociology.

Pohjola, M. 2007. Työn tuottavuuden kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 103(2), 2007.

Pratt, G. A. 2015. Is a Cambrian Explosion Coming for Robotics?", *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 29, No. 3 (Summer 2015), pp. 51-60. American Economic Association.

Priem, R. , Butler, J. & Li, S. 2013. Toward reimagining strategy research: Retrospection and prospection on the 2011 amr decade award article. *Academy of Management Review*, 38(4), 471–489.

PwC (2013): Digitization for economic growth and job creation. Regional and Industry Perspective.

PwC, 2017. Consumer spending prospects and the impact of automation on jobs. *UK Economic Outlook*, March.

Pöyskö, T., Hurskainen, E., Lapp, T. & Vaarala, H. 2016. Automaatio ja digitalisaatio logistiikassa Kehitysnäkymiä Suomessa ja maailmalla. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä* 41/2016.

Rassa, N. 2017. Tietotyön rutiinien automatisointi Ohjelmistorobotiikka Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö HAMK Visamäki, Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma Hämeenlinna.

Rinta-aho, H., Niemi, M., Siltala-Keinänen, P. & Lehtonen O. 2004. *Historian Tuulet*.

Robotics-VO (2013). A Roadmap for us Robotics. From Internet to Robotics. 2013 Edition. Robotics in the United States of America. Saatavilla: <https://roboticsvo.us/sites/default/files/2013%20Robotics%20Roadmap-rs.pdf>. [luettu 24.2.2019].

- Rubin, A., 2005. Toimintaympäristön muutosten tarkastelu. Futurix webportal. Saatavilla [http://www.futurix.net/en/materiaalit/tutkimus/03 lahestymistapoina/06 toimintaympariston muutosten tarkastelu/04 driving forces-muutoksen moottorit?C:D=347613&selres=347613](http://www.futurix.net/en/materiaalit/tutkimus/03%20lahestymistapoina/06%20toimintaympariston%20muutosten%20tarkastelu/04%20driving%20forces-muutoksen%20moottorit?C:D=347613&selres=347613) (Luettu 15.2.2019).
- Ruusuvuori, J., Nikander, P. & Hyvärinen, M. 2010. Haastattelun analyysi. Osuuskunta Vastapaino 2010.ruu
- Saarimaa, R. ja Mantere, J. 2013. KOULUTUSTOIMIKUNTIEN LAADULLISEN ENNAKOINNIN SELVITYSTEN YHTEENVETO.
- Sandberg, A. & Bostrom, N. 2008. Whole brain emulation: A roadmap. Technical Report #2008-3, Future of Humanity Institute, Oxford University.
- Salo, I. 2014. Big data ja pilvipalvelut. Docendo.
- Shapiro, H., Østergaard, S.H. & Hougaard, K.F. 2015. Does Europe need more STEM graduates. Danish Technological Institute. Draft Final Report.
- Schwab , K. 2015. The Fourth Industrial Revolution What It Means and How to Respond
- Scherer, K. R., Bänziger, T. & Roesch, E. 2010. A Blueprint for Affective Computing: A sourcebook and manual. Oxford University Press.
- Schön, L: *Maaailman taloushistoria teollinen aika*. Suomentanut Paula Autio. Tampere: Osuuskunta Vastapaino, 2013.
- Sitra. 2016. Megatrendit – Matka Tulevaisuuteen. Saatavilla: <https://media.sitra.fi/2016/01/10093022/2017-07-05-Sitra-megatrendikortit-web-FIN.pdf> (luettu 15.1.2019)
- Sipilä, J & Vehviläinen, A. 1Digitalisaatiolla tuottavuusloikka. Avoin kirje. Valtionvarainministeriö. Saatavilla osoitteesta: http://vm.fi/documents/10623/1464506/VM_1184_00-01-02-02_2015_avoin_kirje_digitalisaatiohaaste.pdf/bf2c3dda-13b7-4054-bf1f-b4803a7dd4a4. (Luettu 18.9.2018)
- Strietska-Ilina, O., Hoffmann, C., Duran Haro, M., & Jeon, S. 2011. Skills for Green Jobs: A Global View. International Labour Organization.

Talvela, J. & Stenman, K. 2012. Tulevaisuudentutkimuksen menetelmiä Juhani Talvela & Kari Stenman. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja. Sarja A. Nro 35

Tekniikka & Talous. 2018. Saatavilla: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ict/valtion-luottamus-facebookiin-meni-kuukauden-tayskielto-6727183> (luettu 2.11.2018)

ThinkYoung. 2014. Skills Mismatch in Science Technology, Engineering, Mathematics -research report. Saatavilla: https://www.scribd.com/document/259124291/Stem-Skills-Mismatch-Report#from_embed (luettu 12.12.2018)

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi.

Uusitalo, H. 1995. Tiede, tutkimus ja tutkielma, johdatus tutkielman maailmaan. WSOY:n graafiset laitokset, Juva.

Van Reenen, J. (2006). The Growth of Network Computing: Quality-Adjusted Price Changes for Network Servers. *The Economic Journal*, 116 (509), 29-44.

Warnier, V., Weppe, X. & Lecocq, X. 2013. Extending resource-based theory: considering strategic, ordinary and junk resources. *Management Decision*, 51(7), 1359–1379.

Weitzman, M. L. (1998). Recombinant growth. *Quarterly Journal of Economics*, 331-360.

Zarkadis, G., Jesusthasan, R., & Malcolm T. 2016. The 3 ways work can be automated.

Zheng, D. Simplot-Ryl, C., Bisdikian, & Mouftah, H. 2011 The Internet of Things, in *IEEE Communications Magazine*, Volume:49 , Issue: 11.

Zukersteinova, A. 2007. Skill needs in emerging technologies: nanotechnology.

Kuviot ja taulukot

Kuvio 1. Roser, Christoph. 2016. *“Faster, Better, Cheaper” in the History of Manufacturing: From the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond*, 1st ed. Productivity Press.

Kuvio 2. Acemoglu & Autor. 2011. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. Saatavilla: <https://economics.mit.edu/files/7006> (luettu 11.1.2019)

Kuvio 3. Autor, Levy & Murnane. 2003. The Skill Content of recent technological change: an empirical exploration. Saatavilla: <https://economics.mit.edu/files/11574> (luettu 3.3.2019)

Kuvio 4. Frey, C. & Osborne, A. 2013. THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION? Department of Engineering Science, University of Oxford, Oxford. Saatavilla: https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf (luettu 3.3.2019)

Taulukko 1. Talvela, J. & Stenman, K. 2012. Tulevaisuudentutkimuksen menetelmiä Juhani Talvela & Kari Stenman. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja. Sarja A. Nro 35. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/47132/tutu_kirja_web_ver3.pdf?se. (Luettu 12.12.2018).